2019-2020

الكيمياء

نسخة الإمارات العربية المتحدة

الصف

McGraw-Hill Education

الكيمياء

نسخة الإمارات العربية المتحدة

للصف 10 المتقدّم

مجلد 3

Mc Graw Hill

Project: McGraw-Hill Education United Arab Emirates Edition Advanced Science Grade 10 Year 4 T3 Chemistry

FM. Front Matter, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017
8. States of Matter, Chapter 12, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017
9. Gases, Chapter 13, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017
10. Mixtures and Solutions, Chapter 14, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017
EM. End Matter, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017

صورة الغلاف: Konstantin Faraktinov/Shutterstock.com

mheducation.com/prek-12

جميع الحقوق محفوظة © للعام 2020 لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جميع الحقوق محفوظة. لا يجوز إعادة إنتاج أي جزء من هذا المنشور أو توزيعه في أي صورة أو بأي وسيلة كانت أو تخزينه في قاعدة بيانات أو نظام استرداد من دون موافقة خطية مسبقة من McGraw-Hill Education، بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، التخزين على الشبكة أو الإرسال عبرها أو البث لأغراض التعليم عن بُعد.

الحقوق الحصرية للتصنيع والتصدير عائدة لمؤسسة McGraw-Hill Education. لا يمكن إعادة تصدير هذا الكتاب من البلد الذي باعته له McGraw-Hill Education. هذه النسخة الإقليمية غير متاحة خارج أوروبا والشرق الأوسط وإفريقيا.

طُبع في دولة الإمارات العربية المتحدة.

رقم النشر الدولي: 978-1-44-701175-0 (نسخة الطالب)
MHID: 1-44-701175-9 (نسخة الطالب)
رقم النشر الدولي: 978-1-44-701177-4 (نسخة المعلم)
MHID: 1-44-701177-5 (نسخة المعلم)

النسخة الإلكترونية

رقم النشر الدولي: 978-1-44-701185-9 (نسخة الطالب)
MHID: 1-44-701185-6 (نسخة الطالب)
رقم النشر الدولي: 978-1-44-701187-3 (نسخة المعلم)
MHID: 1-44-701187-2 (نسخة المعلم)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 XXX 22 21 20 19 18 17

صاحب السّمو الشّيخ خليفة بن زايد آل نهيان

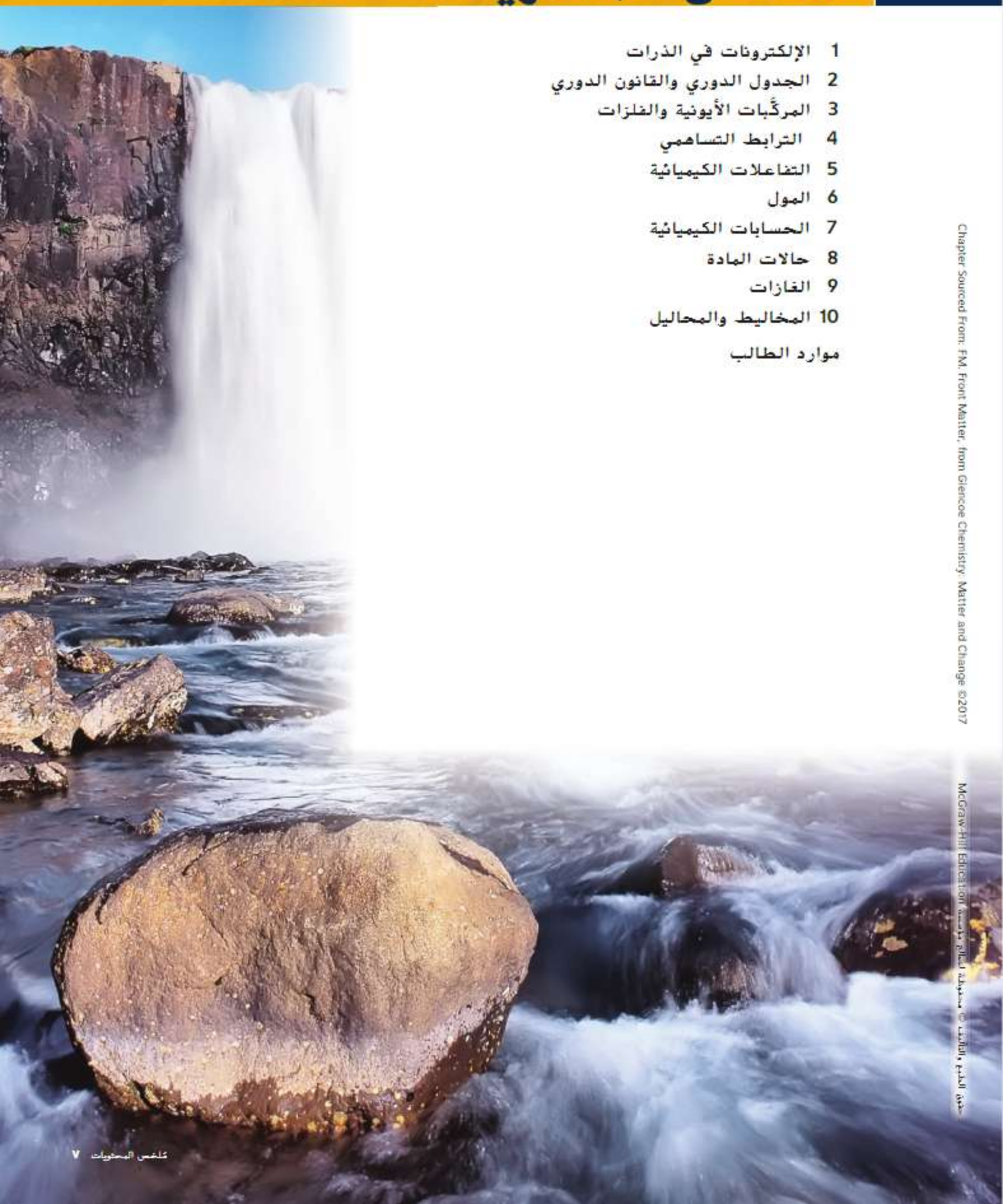
رئيس دولة الإمارات العربيّة المتّحدة، حفظه اللّه

"يجب التزوُّد بالعلوم الحديثة والمعارفِ الواسعة، والإقبال عليها
بروح عالية ورغبة صادقة؛ حتى تتمكّن دولة الإمارات خلال
الألفيّة الثّالثة من تحقيق نقلة حضاريّة واسعة."

من أقوال صاحب السّمو الشّيخ خليفة بن زايد آل نهيان

مُلخص المحتويات

1 الإلكترونات في الذرات
2 الجدول الدوري والقانون الدوري
3 المركَّبات الأيونية والفلزات
4 الترابط التساهمي
5 التفاعلات الكيميائية
6 المول
7 الحسابات الكيميائية
8 حالات المادة
9 الغازات
10 المخاليط والمحاليل
موارد الطالب



Chapter Sourced From: FM. Front Matter, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017
McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة ©

عملية التطوير

المؤلفون

مؤلفو **الكيمياء: المادة والتغيرات** استعانوا بمعرفتهم للمحتوى وخبرتهم في التدريس لصنع كتاب دقيق يسهل فهمه وموجه خصيصًا بما يساعد على تحصيل الطالب.

ثاندي بوثيزيلي.

هي أستاذ زميل في الكيمياء في جامعة ويسترن كنتاكي، كي بولنج غرين حصلت على البكالوريوس في الكيمياء من ويليامز كولدج، ويليامزتاون، ماساتشوستس والدكتوراه في الكيمياء الفيزيائية التجريبية من جامعة فلوريدا، غينيسفيل، فلوريدا. قامت الدكتورة ثاندي بوثيزيلي بتدريس الكيمياء لمرحلة ما قبل التخرج والتخرج (درجة الماجستير) لمدة سبع سنوات. وهي مؤسس مشارك ومدير مشارك لبرنامج الدنيات والكيمياء في جامعة ويست كنتاكي. كما أنها عضو في الجمعية الكيميائية الأمريكية والجمعية الأمريكية لتطور العلوم وسيغما إكس آي. وقد قامت بالمشاركة في تأليف أكثر من أربعة وعشرون ورقة بحثية تم نشرها في الصحف المتخصصة.

لوريل دينغراندو

وهي تعمل حاليًا كمنسق ثانوي للعلوم بمرسة غارلاند إندبندنت الحكومية. تحمل السيدة دينجراندو درجة البكالوريوس في الميكروبيولوجي مع تخصص فرعي في الكيمياء من جامعة تكساس التقنية وMAT في العلوم من جامعة تكساس في دالاس. وقد قامت بتدريس الكيمياء لمدة 25 عامًا في مدرسة غارلاند إندبندنت الحكومية. وهي عضو بالجمعية الكيميائية الأمريكية، وجمعية معلمي العلوم الوطنية وجمعية تكساس لمعلمي العلوم وجمعية قيادة معلمي العلوم بتكساس و T3 (المعلمون بالتكنولوجيا).

نيكولاس هاينين

استمر في تدريس الكيمياء والفيزياء في مدارس ووريينغتون سيتي بأوهايو لأكثر من 31 عامًا. هو السيد هاينين الذي يحمل درجة البكالوريوس والماجستير في تدريس العلوم من جامعة ولاية أوهايو متخصصًا في الكيمياء والفيزياء. من بين الدرجات العلمية التي حصل عليها، المعلم البارز بالجمعية الكيميائية الأمريكية في مجال العلوم الكيميائية، وقائمة الشرف لمعلمي المدارس الثانوية البارزين من جمعة ولاية أوهايو، جائزة التفاحة الذهبية من شركة أشلاند أويل، وWho's Who Among America's Teachers. والسيد هاينين هو عضو بالجمعية الكيميائية الأمريكية وقسم ACS لتعليم الكيمياء.

شيريل ويستروم

هي أستاذ زميل في الكيمياء في ريتسيلاير في إنديانا، حيث حصلت على درجة علمية فخرية من كل من قسم الكيمياء والتدريس بالكلية. قامت بتدريس الكيمياء والبيولوجي وكورسات في تريس العلوم على مستوى الكلية منذ 1990 وهي أيضًا صيدلانية تحمل ترخيصاً يسمح بمزاولة المهنة. لقد حصلت على درجة البكالوريوس من جامعة نورثرن ميتشغن، كما حصلت على البكالوريوس في الصيدلة من جامعة بوردو، وحصلت على الماجستير والدكتوراه في الكيمياء الحيوية من جامعة ميتشغن. ودكتور ويستورم هي عضو بأكاديمية إنديانا للعلوم، وجمعية مدرسي العلوم الوطنية، والجمعية الأمريكية لصيادلة النظام الصحي.

دينا زايك

هي مستشار دولي للمناهج ومبتكرة قامت بتطوير المنتجات التعليمية مع مفكرات تنظيمية ثلاثية الأبعاد ذات رسومات تداعلية لأكثر من 30 عامًا. كرئيس ومؤسس لـ دينا-مايت أدفنشرز، قامت دينا بتأليف أكثر من 100 نشره تعليمية حصلت على جوائز منها *The Big Book of Science*. تحمل دينا درجتي البكالوريوس والماجستير في المنهج التعليمي والتعليمات من جامعة تكساس إيه آند إم. مطويات دينا زايك هي أحد السمات الحصرية الخاصة بكتب ماجرو هيل التعليمية.

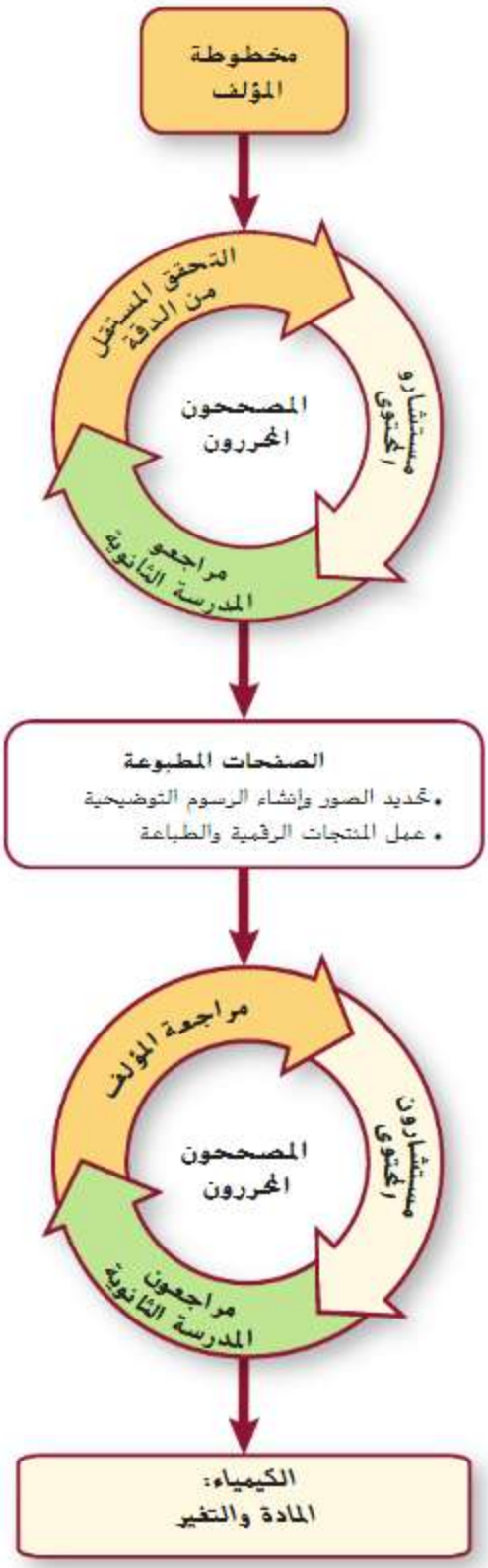
McGraw-Hill Education مخصوص لمطابع مؤسسة حقوق الطبع والتأليف © محفوظة

ما أهمية ضمان الجودة؟

يُعد ضمان الدقة عاملًا رئيسًا في التزام ماجرو هيل للتعليم بتقديم منتجات عالية الجودة تركز على المتعلم، وخاصة بالحياة اليومية، وخالية من الأخطاء. كما أننا نلتزم ضمن عملية التطوير ضمان الجودة الخاصة بنا بأن نجعل النص **متاحًا بسهولة، سهل الفهم** لكل من الطلاب والمعلمين. وبالتعاون بين المؤلفين ومحرري المحتوى والمستشارين الأكاديميين ومعلمو الصفوف، يقدم منهج عملية تطوير ضمان الجودة فرصًا للتحسين المستمر عبر تعليقات العملاء والاستعراض الشامل للمحتوى.

يبدأ منهج عملية تطوير ضمان الجودة باستعراض للإصدار السابق والتطلع للمعايير الخاصة بالدولة والمعايير الوطنية. مؤلفو الكيمياء، المادة والتغيير تجمع بين خبرات تدريب وتعليم المعلم وبين إتقان المعرفة بمحتوى مادة الكيمياء. وبينما يتم إنشاء وتحرير المخطوطة، يراجع المستشارون مدى دقة المحتوى بينما يدرس أعضاء الهيئة الاستشارية للمعلم البرنامج من وجهات نظر كل من الطالب والمعلم. كما يتم استعراض تجارب الطلاب وشرح المعلم للتأكد من الدقة والسلامة. وبينما يتم تطبيق عناصر التصميم، تتم أيضًا مراجعة محتوى الوحدة جنبًا إلى جنب مع الصور والرسوم البيانية التوضيحية.

طوال فترة البرنامج، تستمر جلينكو/ماجرو هيل في استكشاف الأخطاء وتحسينها. هدفنا هو أن نقدم لكم برنامجًا تم إنشاؤه وتنقيحه واختباره والتحقق من صحته كأداة ناجحة من أجل **تحصيلكم الأكاديمي المستمر.**



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الهيئة الاستشارية للمعلمين

علقت الهيئة الاستشارية للمعلمين على عمل فريق التحرير وفريق التصميم وعلى محتوى وتصميم طبعات الكتاب الخاصة بكل من الطالب والمعلم. ونحن نشكر هؤلاء المعلمين على عملهم الجاد واقتراحاتهم المبتكرة.

آن كوبر
مُدرِّسة العلوم
مدارس يونايتد لوكال
هانوفرتون، أوهايو

ديفيد إل فرنش
مُدرِّس الكيمياء
مدرسة ميلفورد الثانوية
ميلفورد، أوهايو

ريتشارد جلينك
مدرس الكيمياء/ الفيزياء
مدرسة إنديان ليك الثانوية
لويستاون، أوهايو

سوزان غوديز
مُدرِّسة الكيمياء/ الفيزياء
مدرسة جراندفيو هايتس الثانوية
كولومبوس، أوهايو

جوديث جيه
مُدرِّسة العلوم، رئيسة القسم
مدرسة ويلمنغتون الثانوية
ويلمنغتون، أوهايو

سي لويس
مُدرِّس العلوم
مدرسة مارنتز فيري الثانوية
مارنتز فيري، أوهايو

جنيفر ل. موست
مُدرِّسة الكيمياء
رئيس قسم العلوم
مدرسة ويست هولمز الثانوية
ميلسبرج، أوهايو

ساندرا بيتري فورجي
مُدرِّسة معتمد للعلوم من الهيئة الوطنية
مدرسة جاليا أكاديمي الثانوية
جاليبوليس، أوهايو

جيسون جيه زاروس
مُدرِّس الكيمياء/ الفيزياء
مدرسة ووترفورد الثانوية
ووترفورد، أوهايو

المراجعون من المعلمين

راجع كل معلم فصولًا مختارة من **الكيمياء: المادة والتغيير** وقدموا تعليقاتهم ومقترحاتهم بشأن فاعلية التعليمات.

بريدجت ب. أدكنز
مدرسة رافنوود الثانوية
برينتوود، تينيسي

ديبورا بينيت
مدرسة كانوجا بارك الثانوية
كانوجا بارك، كاليفورنيا

جيمس برو
مدرسة ستراتفورد الثانوية
جوز كريك ساوث كارولينا

بوب كاليندر
مدرسة وارين موت الثانوية
وارين، ميامي

بيتسي هامريك
مدرسة كريست الثانوية
شيلبي، نورث كارولينا

ترينا جينريس
مدرسة سكوت الثانوية
توليدو، أوهيو

أرونا كايلاسا
مدرسة بنجامين إي مايس الثانوية
أطلنطا، جورجيا

فيل لامب
مدرسة أبر أرلنغتون الثانوية، أوهايو

لي ماك سبارين
مدرسة شاربسفيل أريا الثانوية،
شاربسفيل- بنسلفانيا

ديلوريس ميلر
مدرسة ألدن الثانوية
ألدن، نيويورك

ليون أوليفييه
مدرسة يونيون جروف الثانوية
ماك دونو، جورجيا

دان ريد
المدرسة المركزية الثانوية
شامبين، إلينوي

جاي ويلدر
مدرسة مقاطعة فرانكلين الثانوية، فرانكفورت،
نيويورك

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مستشارو المحتوى

راجع مستشارو المحتوى وحدات مختارة من **الكيمياء: المادة والتغيير** للتأكد من دقة ووضح المحتوى.

د. ألتون جيه بانكس
أستاذ الكيمياء
جامعة ولاية نورث كارولينا
رالي، نورث كارولينا

د. هوارد دروسمان
أستاذ الكيمياء والعلوم البيئية
كلية كولورادو
كولورادو سبرنغز، كولورادو

د. مايكل أو هرست سنيور
أستاذ زميل في الكيمياء
جامعة جورجيا الجنوبية
ستيتسبورو، جورجيا

د. كريستن كولينوسكي
زميل الكلية، قسم الكيمياء
جامعة رايس
هيوستون، تكساس

د. ماريا باتشيكو
أستاذ زميل في الكيمياء
كلية ولاية بطالو
بطالو، نيويورك

مستشارو السلامة

راجع مستشارو السلامة المعامل والمواد الخاصة بالمعامل للتأكد من سلامتها وتطبيقها بأمان.

د. كينيث ر. روي
مدير قسم السلامة والصحة البيئية
مدارس جلاستونبري الحكومية
جلاستونبري كونيتكيت

الكُتّاب المشاركين

أضاف عدد من المختصين في كتابة العلوم سمات للمحتوى ومواد خاصة بالمعلم وتقويم ودراسات خاصة بالمختبر.

بيتر كاربيكو
لويفيل أوهايو

جينيفر جونيا
جالينا، أوهايو

سيندي كليفيكيس
إلكتون، فيرجينيا

جاك ميتوت
كولومبوس أوهايو

ريتشارد جي سميث
أوشن ايسل بيتش، نورث كارولينا

ستيفن ويت
كولومبوس أوهيو

جنيفر ويلوغبي
فوريست، فيرجينيا

مارغريت كيه زورن
بورك تاون، فيرجينيا

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جدول المحتويات

الوحدة 1

الإلكترونات في الذرات **2**

التجربة الاستهلالية كيف تعرف ما بداخل الذرة؟ 2

القسم 1 الضوء والطاقة الكمية 4

تجربة مصغرة تعرف على المركبات 12

القسم 2 نظرية الكم والذرة 14

مختبر حل المشكلات تفسير الرسومات التوضيحية العلمية 18

القسم 3 الترتيب الإلكتروني 24

الكيمياء و الصحة الملاقط الدقيقة 31

مختبر الكيمياء تحليل الأطياف الخطية 32

الوحدة 2

الجدول الدوري والقانون الدوري **40**

التجربة الاستهلالية كيف يمكنك معرفة الاتجاهات؟ 40

القسم 1 تطور الجدول الدوري الحديث 42

مختبر حل المشكلات تحليل الاتجاهات 48

القسم 2 تصنيف العناصر 50

القسم 3 الاتجاهات الدورية 55

تجربة مصغرة ترتيب العناصر 61

الكيمياء و الصحة العناصر في جسم الإنسان 63

مختبر الكيمياء استكشاف الكيمياء الوصفية 64

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 3

المركّبات الأيونية والفلزات 72

التجربة الاستهلالية ما المركبات التي توصل محاليلها التيار الكهربائي؟ 72

القسم 1 تكوّن الأيون 74

القسم 2 الروابط الأيونية والمركبات الأيونية 78

مختبر تحليل البيانات تفسير البيانات 84

القسم 3 صيغ المركّبات الأيونية وأسماؤها 86

القسم 4 الروابط الفلزية وخصائص الفلزات 93

تجربة مصغرة ملاحظة الخصائص 95

الكيمياء في الحياة اليومية الأزياء الخاطة 97

مختبر الكيمياء تحضير مركب أيوني 98

الوحدة 4

الترابط التساهمي 106

التجربة الاستهلالية ما نوع المركب المستخدم في صنع الكرة المطاطية؟ 106

القسم 1 الرابطة التساهمية 108

تجربة مصغرة مقارنة درجات الانصهار 110

القسم 2 تسمية الجزيئات 116

القسم 3 التركيب البنائي للجزيئات 121

القسم 4 الشكل الهندسي للجزيئات 129

القسم 5 السالبية الكهربائية والقطبية 133

مختبر تحليل البيانات تحليل البيانات 137

كيف تعمل؟ الأقدام اللزجة، كيف تلتصق أبراص الجيكو بالجدران 139

مختبر الكيمياء تصميم الأشكال الجزيئية 140

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جدول المحتويات

الوحدة 5

التفاعلات الكيميائية **148**

التجربة الاستهلالية كيف تتعرف على حدوث أي تغيير كيميائي؟ 148

القسم 1 التفاعلات والمعادلات 150

القسم 2 تصنيف التفاعلات الكيميائية 157

مختبر حل المشكلات تحليل الاتجاهات السائدة 162

القسم 3 التفاعلات في المحاليل المائية 167

تجربة مصغرة ملاحظة تفاعل تكوين الراسب 169

كيف تعمل؟ إدارة هلام الليل: الثلاثو البيولوجي 177

مختبر الكيمياء مقياس صغير: عمل سلسلة نشاطية 178

الوحدة 6

المول **186**

التجربة الاستهلالية ما مقدار المول؟ 186

القسم 1 قياس المادة 188

القسم 2 الكتلة والمول 193

مختبر حل المشكلات صياغة نموذج 194

القسم 3 مولات المركبات 201

القسم 4 الصيغ الأولية والجزيئية 209

تجربة مصغرة تحليل لبان العلكة 210

القسم 5 صيغ الهيدرات 219

الكيمياء في الحياة اليومية التاريخ في كأس ماء 223

مختبر الكيمياء تحديد صيغ الهيدرات 224

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 7

الحسابات الكيميائية 234
التجربة الاستهلالية ما الأدلة التي يمكنك ملاحظتها على أن تفاعلاً ما قد توقف؟ 234
القسم 1 تعريف الحسابات الكيميائية 236
القسم 2 الحسابات الكيميائية النظرية 241
تجربة مصغرة طبق الحسابات الكيميائية 246
القسم 3 المتفاعلات المحددة 247
القسم 4 النسبة المئوية للمردود 253
مختبر تحليل البيانات التحليل والاستنتاج 255
الكيمياء و الصحة مكافحة السلالات المقاومة 257
مختبر الكيمياء تحديد النسبة المولية 258

الوحدة 8

حالات المادة 268
التجربة الاستهلالية كيف تؤثر السوائل المختلفة على سرعة حركة كرة تتحرك فيها؟ 268
القسم 1 الغازات 270
مختبر تحليل البيانات صمم واستخدم الرسومات البيانية 276
القسم 2 قوى التجاذب 279
القسم 3 المواد السائلة والصلبة 283
تجربة مصغرة تصميم نموذج لوحدة البلورة 291
القسم 4 تغيرات الحالة 293
الكيمياء في الحياة اليومية كيمياء الكاكاو 299
مختبر الكيمياء مقياس صفير قارن معدلات التبخر 300

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جدول المحتويات

الوحدة 9

الغازات 308
التجربة الاستهلالية كيف تؤثر درجة الحرارة على حجم الغاز؟ 308
القسم 1 قوانين الغازات 310
مختبر حل المشكلات تطبيق التفسيرات العلمية 312
القسم 2 قانون الغاز المثالي 320
تجربة مصغرة نموذج طفاية الحريق 325
القسم 3 الحسابات الكيميائية للغازات 328
الكيمياء و الصحة الصحة والضغط 333
مختبر الكيمياء تحديد الضغط في حيات الذرة 334

الوحدة 10

المخاليط والمحاليل 342
التجربة الاستهلالية كيف تتغير الطاقة عندما تتشكل المحاليل؟ 342
القسم 1 أنواع المخاليط 344
مختبر تحليل البيانات تصميم تجربة 346
القسم 2 تركيزُ المحلول 348
القسم 3 العوامل المؤثّرة في الذّوبان 357
القسم 4 الخصائص التّجميعيّة للمحاليل 366
تجربة مصغرة تحديد انحفاض درجة التجمد 370
الكيمياء والمهن كيمياءُ البيئة 373
مختبر الكيمياء التحقيق في العوامل المؤثرة في الذائبة 374

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

موارد الطالب

كتيب العناصر EH-1

الهيدروجين EH-4
المجموعة الأولى: الفلزات القلوية EH-6
المجموعة الثانية: الفلزات القلوية الأرضية EH-10
المجموعات 12-3: العناصر الانتقالية EH-16
المجموعة 13: مجموعة البورون EH-22
المجموعة 14: مجموعة الكربون EH-26
المجموعة 15: مجموعة النيتروجين EH-32
المجموعة 16: مجموعة الأكسجين EH-36
المجموعة 17: مجموعة الهالوجينات EH-40
المجموعة 18: الغازات النبيلة EH-44

كتيب الرياضيات MH-1

الترميز العلمي MH-1
عمليات باستخدام الترميز العلمي MH-3
الجذور التربيعية والتكعيبية MH-4
أرقام معنوية MH-5
حل المعادلات الجبرية MH-9
تحليل الأبعاد MH-11
تحويل الوحدة MH-12
رسم رسوم بيانية خطية MH-14
استخدام الرسوم البيانية الخطية MH-16
النسب والكسور والنسب المئوية MH-19
عمليات تتعلق بالكسور MH-20
اللوغاريتمات ومقابل اللوغاريتمات MH-21

جداول مرجعية RT-1

R-1 مفاتيح الألوان RT-1
R-2 الرموز والاختصارات RT-1
R-3 ثابت حاصل الإذابة RT-2
R-4 الثوابت الفيزيائية RT-2
R-5 أسماء وشحنات الأيونات متعددة الذرات RT-3
R-6 ثوابت التأين RT-3
R-7 خصائص العناصر RT-4
R-8 قواعد الذائبية RT-7
R-9 قيم الحرارة النوعية RT-8
R-10 ثوابت الانخفاض في درجة التجمد المولالي والارتفاع في درجة الغليان RT-8
R-11 قيم حرارة التكوين RT-8
R-12 رموز السلامة RT-9

مسائل إضافية للتدريب SPP-8

إجابات مختارة SS-9

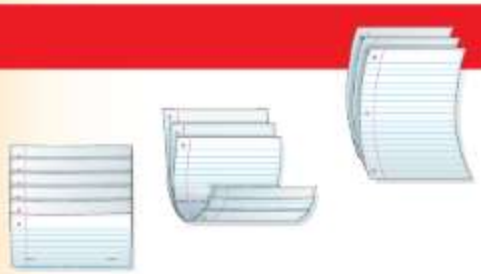
موارد العلوم SR-1

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تعليمات المطوية

في الصفحات التالية ستجدون تعليمات خطوة بخطوة لصنع المطويات التي تعمل كدليل للدراسة.

الكتاب ذو الطبقات

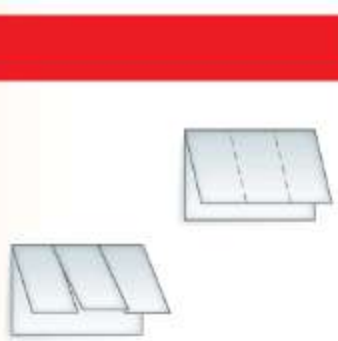


1. اجمع ثلاث صفحات من الورق وافصل بينهم بطبقة بمقدار 1 cm رأسيًا. حافظ على استواء الحواف.
2. اطوِ الحافة السفلية للورقة لتكون 6 ألسنة متساوية.
3. اطوِ الأوراق وقم بتجعيدها جيدًا لتثبت الألسنة في مكانها. قم بتدبيس المطوية. قم بتسمية كل لسان من الألسنة.

كتاب ثلاثي الطيات

1. اطوِ ورقة رأسية إلى ثلاث طيات.
2. فك طيتها وقم بتسمية كل صف فيها.

الكتاب ذو الثلاث ألسنة



1. اطوِ صفحة من الورق أفقيًا من الجانب إلى الجانب الآخر. اجعل الحافة الأمامية أقصر بـ2cm من الحافة الخلفية.
2. اقلبها بالطول واطوها ثلاث طيات.
3. فك الطي وقص الطبقة العلوية فقط بطول كلا الطيتين لتصنع ثلاث ألسنة. قم بتسمية كل لسان من الألسنة.

الكتب ذات اللسانين والأربعة ألسنة.

1. اطوِ ورقة نصفين.
2. ثم اطوها نصفين مرة أخرى. إذا كنت بصدد عمل كتاب ذو أربعة ألسنة، اطوها نصفين مرة أخرى لتصنع ثلاث طيات.
3. فك الطي وقص الطبقة العلوية فقط بطول كلا الطيتين لتصنع لسانين أو أربعة ألسنة. قم بتسمية كل لسان من الألسنة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مطويتي ذات البابين وذات الأربعة أبواب

1. اعثر على منتصف صفحة الورق بشكل أفقي. اطوِ كلا الحافتين إلى المنتصف وجعد الطيات. توقف هنا إذا كنت تصنع كتاب ذو بابين. للكتاب ذو الأربعة أبواب، أكمل بالخطوات التالية.
2. اطوِ الورقة المطوية نصفين من أعلى لأسفل.
3. فك الطي واقطع بطول خطوط الطي لتصنع أربعة ألسنة. قم بتسمية كل لسان من الألسنة.

كتاب خريطة المفهوم

1. اطوِ صفحة من الورق أفقيًا من أعلى إلى أسفل. اجعل الحافة العلوية أقصر بمقدار 2cm من الحافة السفلية.
2. نطوها بالعرض إلى ثلاث طيات.
3. فك الطي وقص الطبقة العلوية فقط بطول كلا الطيتين لتصنع ثلاث ألسنة. قم بتسمية الجزء العلوي وكل لسان.

كتاب المفردات

1. اطوِ صفحة رأسياً من ورقة رأسياً إلى نصفين.
2. اقطع بطول كل سطر ثالث من أعلى الطبقة لتكون لسانًا. قم بتسمية كل لسان من الألسنة.

الجدول المطوي

1. اطوِ صفحة ورق بالطول إلى ثلاثة أنصاف..
2. اطوِ الصفحة بالعرض إلى خمسة.
3. فك الطي وضع الورقة بالطول وارسم خطوطًا بطول الطيات. قم بتسمية الجدول.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

كتاب الجيب

1. اطوِ صفحة أفقية من أسفل بنحو 3 cm.
2. إذا كنت تصنع كتاب بجيبين، اطوها نصفين. إذا كنت تصنع كتاب بثلاثة جيوب، اطوها ثلاثة أنصاف.
3. فك طيتها والصقها بالصمغ أو بالدباسة لعمل جيوب. قم بتسمية كل جيب.

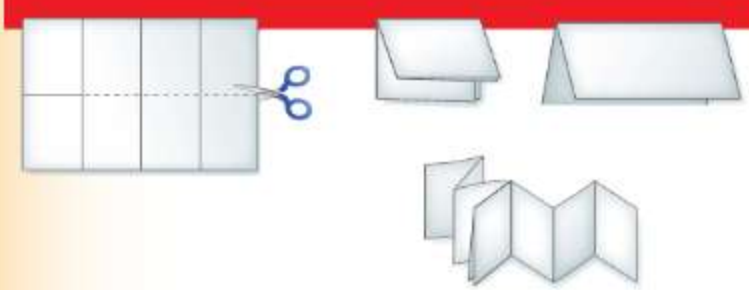
الكتاب المرتبط

1. اطوِ عدة صفحات ورق نصفين حتى تعثر على المنتصف. امسك كافة الصفحات معًا باستثناء واحدة وقص بمقدار 3 cm من خط الطي من كلا جانبي الورقة.
2. في الصفحة الأخيرة، قص بطول خط الطي حتى قبل 3 cm تقريبًا من كل حافة.
3. مرر أول صفحات قليلة عبر القطع في الصفحة الأخيرة لتصنع كتابًا متعدد الصفحات.

الكتاب ذو اللسان العلوي

1. ضع عدة صفحات من أوراق فوق بعضها بحيث يمكن رؤية فقط 2-3 cm من كل صفحة.
2. اصنع خطًا أفقيًا بطول 2-3 cm عبر كافة الصفحات بعد مسافة قصيرة (3 cm) من الحافة العلوية للصفحة العلوية.
3. اقطع رأسيًا من أسفل حتى تلتقي بالقطع الأفقي.
4. ضع الصفحات فوق صفحة غير مقطوعة وحاذ بين الأجزاء العلوية والأجزاء الجانبية لكل الصفحات. قم بتسمية كل لسان من الألسنة.

كتاب أكورديون



1. اطوِ صفحة ورق نصفين. اطوها نصفين ثم نصفيتن مرة أخرى ليصبح عندك ثمانية أقسام.
2. اقطع بطول خط الطي الطويل، مع التوقف قبل أن تصل للقسمين الأخيرين.
3. أعد طي الصفحة لتشكّل كتاب أكورديون. قد ترغب في لصق الصفحتين المزدوجتين معًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 8

حالات المادة

الفكرة الرئيسة تفسر نظرية الحركية الجزيئية مختلف خصائص المواد الصلبة والسوائل والغازات.

الأقسام

1 الغازات

2 قوى التجاذب

3 المواد السّائلة والصّلبة

4 تغيرات الحالة

التجربة الاستهلالية

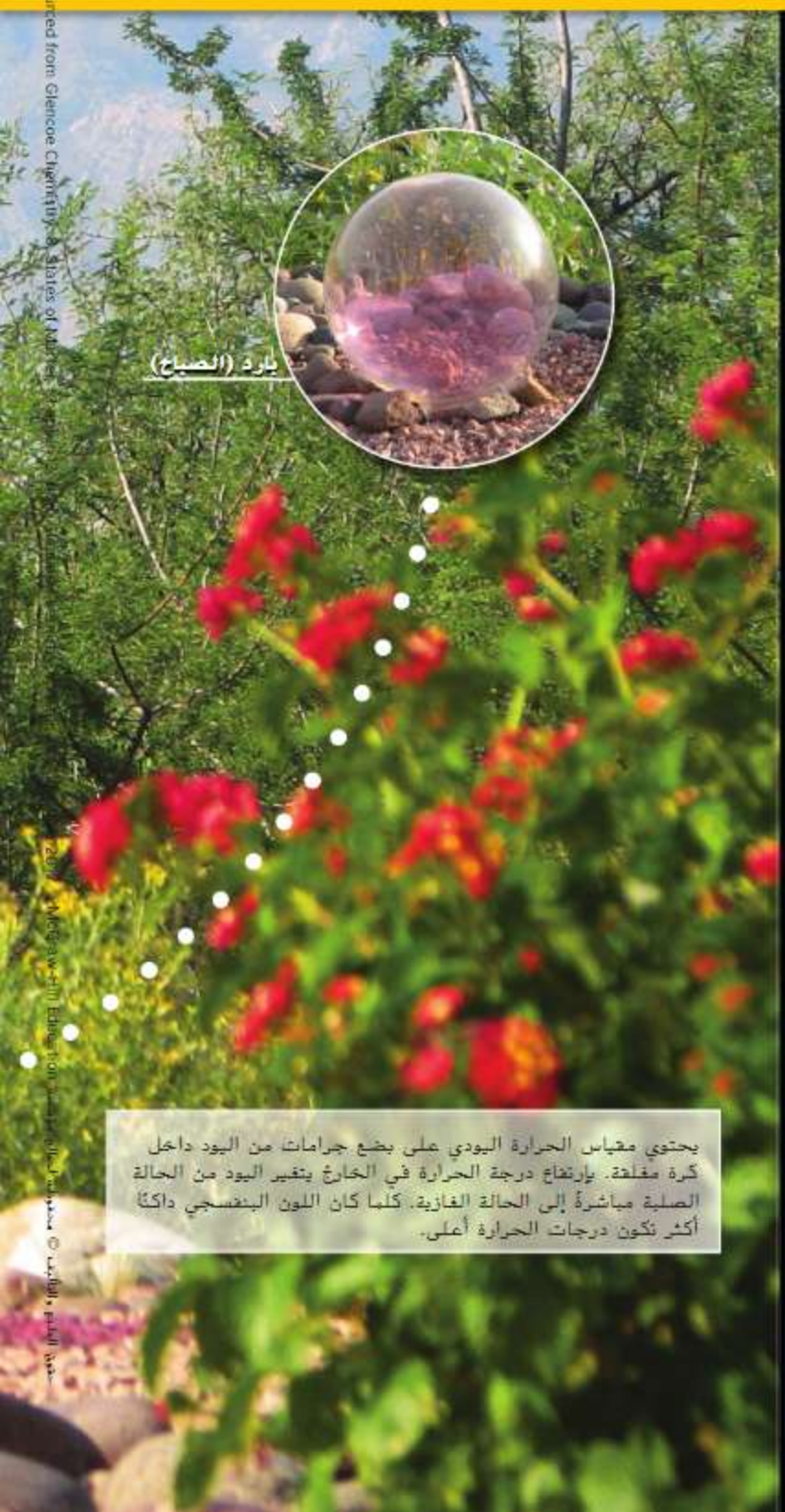
كيف تؤثّر السوائل المختلفة على سرعة حركة كرة تتحرك فيها؟

لقد لاحظت على الأرجح أن السوائل المختلفة يمكن أن تختلف خصائصها اختلافاً شاسعاً. فالسوائل مثل العسل وزيت الذرة والزيت النباتي هي أكثر سمكًا من السوائل الأخرى كالماء. في هذه التجربة ستدرس كيف تتأثر سرعة الأجسام بلزوجة سائلين مختلفين.

مطوياتي®
منظم الدراسة

حالات المادة

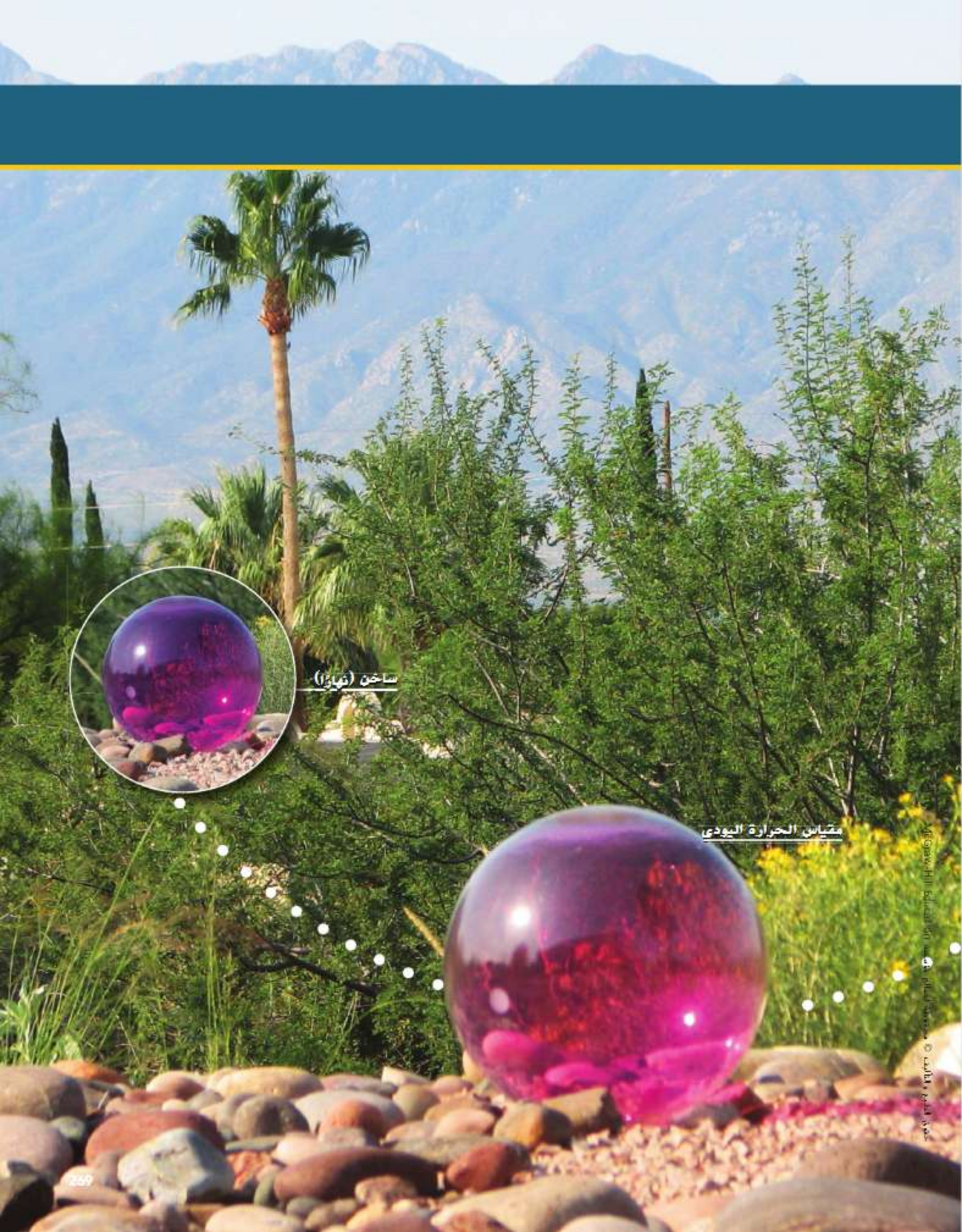
قم بإعداد مطوية ذات ثلاثة ألسنة. وضع عليها علامات كما هو موضح. استخدمها لتساعدك على تلخيص المعلومات حول الحالات الثلاث للمادة.



يارد (الصباح)

يحتوي مقياس الحرارة اليودي على بضع جرامات من اليود داخل كرة مغلقة. يرتفع درجة الحرارة في الخارج يتغير اليود من الحالة الصلبة مباشرةً إلى الحالة الغازية. كلما كان اللون البنفسجي داكنًا أكثر تكون درجات الحرارة أعلى.

Chapter Sourced from Glencoe Chemistry: Matter & Change, Student Edition © 2010 by McGraw-Hill Education
حقوق الطبع © محفوظة لصالح مؤسسة جلينكو للتعليم والطباعة



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح The McGraw-Hill Companies, Inc.

الغازات

القسم 1

الفكرة الرئيسة الغازات تتمدد وتنتشر وتمارس الضغط وقابلة للانضغاط لأن كثافتها منخفضة وتتكون من جسيمات صغيرة دائمة الحركة.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تستخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات؟
- لماذا تؤثر الكتلة على معدلات الانتشار والتدفق؟
- كيف يتم قياس الضغط وكيف يتم حساب الضغط الجزئي لغاز ما؟

مراجعة المفردات

الطاقة الحركية kinetic energy: طاقة ناتجة عن الحركة

مفردات جديدة

نظرية الحركة الجزيئية kinetic-molecular theory

التصادم المرن elastic collision

درجة حرارة الغرفة room temperature

انتشار diffusion

قانون غراهام للتدفق Graham's law of effusion

الضغط pressure

بارومتر barometer

باسكال pascal

الغلاف الجوي atmosphere

قانون دالتون للضغوط الجزئية Dalton's law of partial pressures

الكيمياء في حياتك

إن كنت جربت المبيت في خيمة فربما نمت على مرتبة هوائية. كيف كان الاستلقاء على المرتبة مقارنة بالاستلقاء على الأرض لقد كانت على الأرجح أكثر دفئًا وأكثر راحة. خصائص المرتبة الهوائية ناتجة عن الجزيئات المكونة للهواء داخلها.

نظرية الحركة الجزيئية

لقد تعلمت أن تركيب المادة (أنواع الذرات الموجودة) وبنيتها (ترتيب الذرات) يحددان خصائصها الكيميائية. ويؤثران أيضًا على الخصائص الفيزيائية للمادة. انطلاقًا من المظهر الخارجي بإمكانك التمييز بين الصلب والسائل كما يبينه **الشكل 1**. في المقابل، عادة ما تظهر المواد الغازية في درجة حرارة الغرفة خصائص فيزيائية متشابهة على الرغم من تركيباتها المختلفة. لماذا يكون التنوع في السلوك بين الغازات محدودًا؟ لما تختلف الخصائص الفيزيائية للغاز عن السائل والصلب؟

يحلول القرن الثامن عشر، تعرف العلماء على طريقة لجمع النواتج الغازية باحلالها محل الماء. وأصبح الآن بإمكانهم ملاحظة وقياس خصائص الغازات المنفردة. حوالي سنة 1860 اقترح كل من الكيميائيين لودفيغ بولتزمان وجيمس ماكسويل اللذين كانا يعملان في بلدين مختلفين نموذجًا لتفسير خصائص الغازات. ذلك النموذج هو نظرية الحركة الجزيئية. لأن كل الغازات التي يعرفها بولتزمان وماكسويل تحتوي على جزيئات فإن تسمية النموذج تعود على الجزيئات. للأجسام المتحركة طاقة تسمى طاقة حركية. تصف **نظرية الحركة الجزيئية** سلوك المادة اعتمادًا على حركة جسيماتها. ذلك النموذج يقدم عدة افتراضات حول حجم وحركة وطاقة جسيمات الغاز.

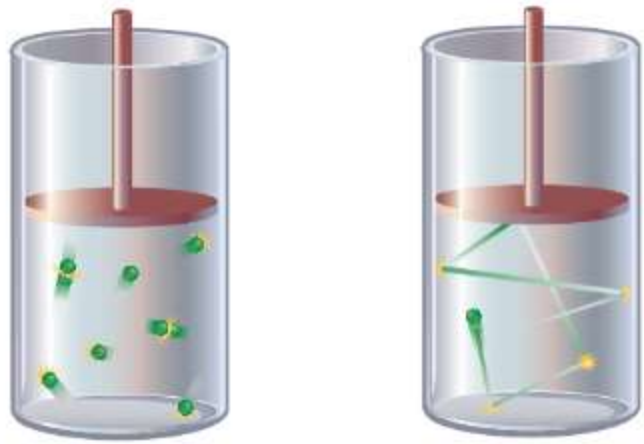
الذهب

الجرافيت

الزئبق

■ **الشكل 1** يمكنك تمييز بعض المواد بالنظر إليها، لكن هذا لا ينطبق على الكثير من الغازات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 2** يمكن للطاقة الحركية التنقل بين جسيمات الغاز خلال التصادم المرن. تنتقل الجسيمات في خط مستقيم بين الاصطدامات.

وضح تأثير جسيمات الغاز على بعضها البعض فيما يتعلق بالاصطدامات وما يحدث للجسيمات بين الاصطدامات.

حجم الجسيمات تتمثل الغازات في جسيمات صغيرة يفصل بينها فضاء فارغ. حجم الجسيمات صغير مقارنة بحجم الفضاء الفارغ. ولأن جسيمات الغاز متباعدة فإنها لا تخضع لأية قوى جذب أو تنافر.

حركة الجسيم حركة جسيمات الغاز دائمة وعشوائية. تتحرك الجسيمات في خط مستقيم حتى تصطدم بجسيمات أخرى أو بجدار الوعاء كما يبين **الشكل 2**. تكون الاصطدامات بين جسيمات الغاز مرنة. **التصادم المرن** هو تصادم لا تضيع خلاله أي طاقة حركية. ولكن تنتقل الطاقة الحركية بين الجسيمات المتصادمة، ولكن الطاقة الحركية الإجمالية للجسيمين لا تتغير.

طاقة الجسيم هناك عاملان محددان للطاقة الحركية للجسيم: الكتلة والسرعة. يمكن التعبير عن الطاقة الحركية للجسيم كما في المعادلة التالية.

$$KE = \frac{1}{2}\, mv^2$$

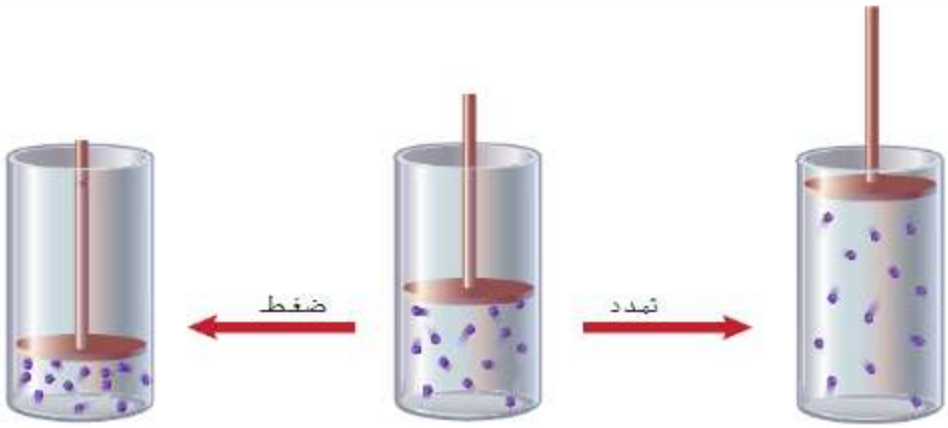
KE الطاقة الحركية، m كتلة الجسيم، و v السرعة. في عينة من غاز واحد، كل الجسيمات لها نفس الكتلة، ولكن ليس لكل الجسيمات نفس السرعة، وبالتالي لا يكون لكل الجسيمات نفس الطاقة الحركية. **درجة الحرارة** هي مقياس لمتوسط الطاقة الحركية للجسيمات لعينة من المادة.

تفسير سلوك الغازات

نظرية الحركة الجزيئية تساعد على تفسير سلوك الغازات. مثال، تسمح الحركة المستمرة للجسيمات للغاز بالتمدد حتى يملأ الوعاء الحامل له مثل ما يحدث عندما تقوم بنفخ كرة الشاطئ. عندما تنفخ الهواء داخل الكرة، تنتشر جسيمات الهواء لتملأ الجزء الداخلي للوعاء، أي كرة الشاطئ.

الكثافة المنخفضة تذكر أن الكثافة هي الكتلة لكل وحدة حجم. كثافة غاز الكلور هي 2.898×10^{-3} g/mL في درجة حرارة 20^{0}C كثافة الذهب الصلب هي 19.3 g/mL فيكون الذهب أكثر كثافة من الكلور بـ 6700 مرة ولا يمكن أن يكون هذا الفرق الكبير ناتجًا عن الفرق في الكتلة بين ذرات الذهب وجزيئات الكلور (حوالي 3:1). كما تقر نظرية الحركة الجزيئية، فإن قدرًا كبيرًا من الفضاء يوجد بين جسيمات الغاز. لذلك يوجد في نفس الحجم جزيئات كلور أقل من ذرات الذهب.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل3** في وعاء مغلق يغير الانضغاط والتمدد الحجم الذي تحتله الكتلة الثابتة للجسيمات.
اربط تغيّر الحجم بكثافة جسيمات الغاز في كلا الإسطوانتين.

الانضغاط والتمدد إذا ضغطت على وسادة مصنوعة من الإسفنج الفروي، يمكنك ضغطها، وهو ما يعني أن بإمكانك تقليص حجمها. الهواء، بوصفه خليط من الغازات، هو أيضًا قابل للانضغاط. تسمح الكمية الكبيرة من الفراغ بين جسيمات الهواء بالتقلص إلى حجم أصغر. عندما يصبح الوعاء الحامل للغاز أكبر حجمًا، فإن الحركة العشوائية للجسيمات تملأ الفراغ المتاح. **الشكل 3** يوضح ما يحدث لكثافة الغاز في وعاء في حالة انضغاط وفي حالة السماح له بالتمدد.

الانتشار والتدفق وفقا لنظرية الحركة الجزيئية، لا توجد قوى تجاذب كبيرة بين جسيمات الغاز. وهكذا، يمكن لجسيمات الغاز الانتشار بسهولة عند مرورها ببعضها البعض. في كثير من الأحيان، يكون الفضاء الذي ينتشر إليه الغاز مشغولا بغاز آخر. تتسبب الحركة العشوائية لجسيمات الغاز في خلط الغازات إلى أن يتم توزيعها بالتساوي. **الانتشار** هو المصطلح المستخدم لوصف تنقل مادة عبر مادة أخرى. قد تكون الكلمة جديدة، ولكن العملية على الأرجح مألوفة لديك. إذا كان الطعام قيد التحضير في المطبخ ،فإنه بإمكانك شم رائحته في جميع أرجاء المنزل لأن جسيمات الغاز تنتشر. تنتشر الجسيمات من منطقة التركيز العالي (المطبخ) إلى أخرى ذات تركيز منخفض (الغرف الأخرى في المنزل).

التدفق عملية مرتبطة بالانتشار. خلال التدفق، ينفذ الغاز عبر فتحة صغيرة. ماذا يحدث عند ثقب وعاء، مثل بالون أو إطار؟ في سنة 1846، أجرى توماس جراهام تجارب لقياس معدلات تدفق غازات مختلفة في نفس درجة الحرارة. صمم جراهام تجاربه بحيث تتدفق الغازات في فضاء فارغ لا يحتوي على أي مادة. فاكتشف وجود علاقة عكسية بين معدلات التدفق والكتلة المولية. وينص **جراهام** أن معدل تدفق غاز ما يتناسب عكسيًا مع الجذر التربيعي لكتلته المولية.

قانون جراهام

$$\text{معدل التدفق} \propto \frac{1}{\sqrt{\text{الكتلة المولية}}}$$

معدل انتشار أو تدفق غاز ما يتناسب عكسيًا مع الجذر التربيعي لكتلته المولية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تعتمد نسبة الانتشار بشكل أساسي على كتلة الجسيمات المعنية. الجسيمات الأخف وزنًا تنتشر أسرع من الجسيمات الأثقل. تذكر أن الغازات المختلفة في نفس درجة الحرارة لها نفس متوسط الطاقة الحركية كما تمثله المعادلة $KE = \frac{1}{2} mv^2$. غير أن كتلة جسيمات الغاز تختلف من غاز إلى آخر. وحتى يكون للجسيمات الأخف نفس متوسط الطاقة الحركية للجسيمات الأثقل فإنه يجب أن تكون لها عموما سرعة أكبر.

ينطبق قانون جراهام كذلك على معدلات الانتشار وهو أمر منطقي لأن الجسيمات الأثقل وزنًا تنتشر بصفة أبطأ من الجسيمات الأخف وزنًا في نفس درجة الحرارة. باستخدام قانون جراهام يمكنك كتابة نسبة لمقارنة معدلات انتشار غازين.

$$\frac{\text{المعدل}_A}{\text{المعدل}_B} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية}_B}{\text{الكتلة المولية}_A}}$$

التأكد من فهم النص **فسر** لماذا تعتمد نسبة الانتشار على كتلة الجسيمات.

مثال 1

قانون جراهام الأمونيا لديها كتلة مولية 17.0 g/mol; كلوريد الهيدروجين له كتلة مولية 36.5 g/mol. ما هي نسبة معدلات انتشارها؟

1 تحليل المسألة

أعطيت الكتل المولية للأمونيا وكلوريد الهيدروجين. لإيجاد نسبة معدلات انتشار الأمونيا وكلوريد الهيدروجين، استخدم معادلة قانون جراهام للتدفق.

معلوم

الكتلة المولية$_{HCl}$ = 36.5 g/mol

الكتلة المولية$_{NH_3}$ = 17.0 g/mol

مجهول

نسبة معدلات انتشار = ؟

2 حساب المجهول

$$\frac{\text{معدل}_{NH_3}}{\text{معدل}_{HCl}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية}_{HCl}}{\text{الكتلة المولية}_{NH_3}}}$$

اكتب النسبة المشتقة من قانون جراهام.

$$= \sqrt{\frac{36.5 \text{ g/mol}}{17.0 \text{ g/mol}}} = 1.47$$

عوض الكتلة المولية$_{HCl}$ = 36.5 g/mol والكتلة المولية$_{NH_3}$ = 17.0 g/mol.

نسبة معدلات الانتشار هي 1.47.

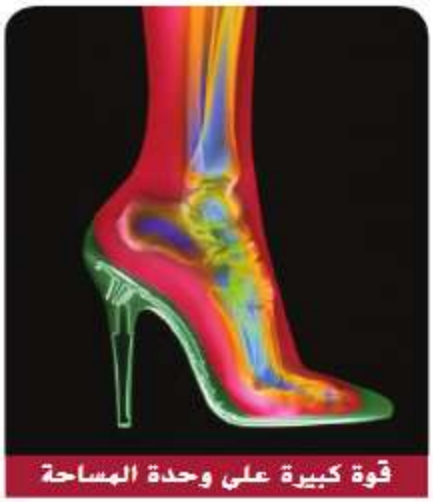
3 تقييم الإجابة

هناك نسبة منطقية تقارب 1.5 لأن جزيئات الأمونيا تقدر بحوالي نصف كتلة جزيئات كلوريد الهيدروجين. لأن الكتلة المولية لها ثلاث أرقام معنوية،فإن الجواب يحتوي على ثلاث أرقام معنوية. لاحظ أن الوحدات تلغى، وأن الإجابة مذكورة بشكل صحيح دون أي وحدات.

تطبيقات

1. احسب نسبة معدلات التدفق للنيتروجين (N_2) والنيون (Ne).
2. احسب نسبة معدلات الانتشار لأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون.
3. **تحدي** ما هو معدل التدفق للغاز الذي تكون كتلته المولية ضعفي كتلة غاز يتدفق بمعدل 3.6 mol/min؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 4** الأحذية ذات الكعب العالي تزيد الضغط على سطح ما بسبب صغر المساحة الملامسة للأرض ... في الأحذية العادية المسطحة، يتم تطبيق القوة على مساحة أكبر.

استنتج أين تقع نقطة الضغط الأعلى بين الأرض والحذاء ذي الكعب العالي.

ضغط الغاز

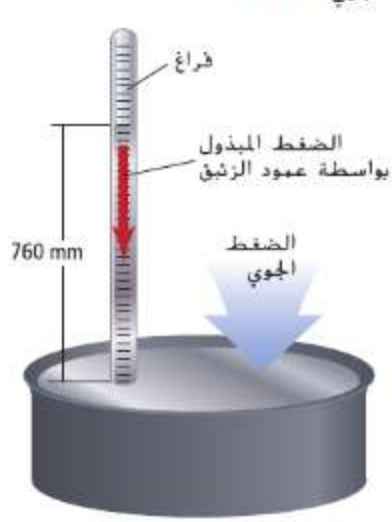
هل شاهدت شخصًا يحاول السير عبر الثلوج أو الوحل، أو الأسفلت الساخن بحذاء ذي كعب عالي؟ ربما لاحظت حينئذ أن الكعب العالي يغوص في السطح اللين. **الشكل 4** يبين لماذا يغوص شخص عند ارتداء الكعب العالي ولكن لا يغوص عندما يرتدي حذاء عادي. في كلتا الحالتين، ترتبط القوة الضاغطة للأسفل على السطح اللين بكتلة الشخص. مع الأحذية العادية ، تنتشر القوة على مساحة أكبر. يعرّف **الضغط** بأنه القوة المؤثرة على وحدة المساحة. مساحة الجزء السفلي للحذاء العادي أكبر بكثير من مساحة الجزء السفلي للأحذية ذات الكعب العالي. لذا، فإن الضغط على سطح لين بالحذاء العادي أقل مما هو عليه بالكعب العالي.

جسيمات الغاز أيضًا تمارس الضغط عندما تتصادم مع جدران الإناء الحاوي لها. لأن جسيمات الغاز كتلها صغيرة، بإمكانها أن تمارس ضغطا قليلا. ومع ذلك، فإن حاوية بحجم لتر بإمكانها استيعاب 10^{22} من جسيمات الغاز. بهذا العدد من الجسيمات المتصادمة، يمكن أن يكون الضغط عاليًا.

ضغط الهواء يحيط بالأرض غلاف جوي يمتد في الفضاء لمئات الكيلومترات. لأن الجسيمات تتحرك في الهواء في كل اتجاه، فإنها تمارس الضغط في كل الاتجاهات، ويسمى هذا الضغط بالضغط الجوي، أو ضغط الهواء. يختلف ضغط الهواء من موقع إلى آخر على سطح الأرض. بما أن الجاذبية أكبر على سطح الأرض، فإن عدد الجسيمات يكون أكثر مما هو عليه في ارتفاعات أعلى حيث تكون قوة الجاذبية أقل. الجسيمات القليلة في الأماكن المرتفعة تمارس قوة أقل مقارنة بالجسيمات ذات التركيز الأعلى في الأماكن المنخفضة. لذلك يكون ضغط الهواء أقل في الأماكن الأعلى مما هو عليه في مستوى سطح البحر. عند مستوى سطح البحر، يقدّر الضغط الجوي بحوالي كيلوغرام واحد لكل سنتيمتر مربع.

حساب ضغط الهواء الفيزيائي الإيطالي إيفانجيلستا تورشيللي (1608-1647) كان أول من أثبت أن الهواء يمارس الضغط. فقد لاحظ أن مضخات المياه كانت غير قادرة على ضخ المياه أعلى من نحو 10. m فافترض أن ارتفاع عمود من السائل قد يختلف باختلاف كثافة السائل. لاختبار هذه الفكرة، صمم تورشيللي المعدات المبينة في **الشكل 5**. ملأ أنبوبًا زجاجيًا رفيعًا مغلقًا من طرف واحد بالزئبق. في حين غطى الطرف المفتوح حتى لا يدخل الهواء، وقام بقلب الأنبوب ووضعه (بحيث يكون الطرف المفتوح متجهًا لأسفل) في وعاء فيه زئبق. فانخفض ارتفاع عمود الزئبق إلى نحو واحد على أربع عشر مقارنة بعمود ماء مماثل. مما يؤكد فرضية تورشيللي بأن الزئبق هو أكثر كثافة بما يقارب أربع عشرة مرة من الماء.

■ **الشكل 5** كان تورشيللي أول من صمم معدات ليبرهن على أنه يوجد للغلاف الجوي ضغطًا



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

البارومتر الجهاز الذي اخترعته تورشيللي يُدعى بارومتر. **البارومتر** هو جهاز يستعمل لقياس ضغط الغلاف الجوي. كما أثبت تورشيللي،فإن ارتفاع الزئبق في البارومتر عند مستوى سطح البحر هو عادة حوالي 760mm. هناك قوتان تحددان بدقة ارتفاع مستوى الزئبق. الجاذبية تمارس قوة ثابتة إلى أسفل ثابتة على الزئبق. وتتصدى لهذه القوة قوة أخرى إلى أعلى يسببها ضغط الهواء للأسفل على سطح الزئبق. تتسبب التغيرات في درجة حرارة الهواء أو الرطوبة في تغير ضغط الهواء.

المانومتر المانومتر هو جهاز يستخدم لقياس ضغط الغاز في وعاء مغلق. يوجد في المانومتر دورق متصل بأنبوب على شكل U يحتوي على الزئبق كما يظهر في **الشكل 6**. عند فتح الصمام الموجود بين الدورق والأنبوب تنتشر جسيمات الغاز خارج الدورق إلى الأنبوب. جسيمات الغاز المنبعثة تدفع الزئبق إلى الأسفل داخل الأنبوب. يستخدم الفرق في ارتفاع الزئبق في طرفي الأنبوب لحساب ضغط الغاز في الدورق.

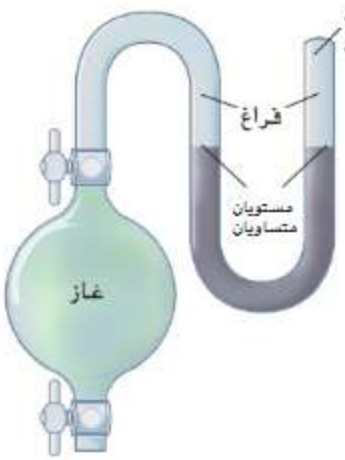
وحدات الضغط النظام الدولي لوحدات الضغط هو الباسكال (Pa). سمي نسبة إلى اسم عالم الرياضيات والفيلسوف بليز باسكال (1662–1623). الباسكال يشتق من النظام الدولي لوحدات القوة، النيوتن (N). **الباسكال** الواحد يساوي قوة النيوتن الواحد في المتر المربع. 1 Pa يساوي $1\ N/m^2$.

العديد من المجالات العلمية لا تزال تستخدم المزيد من الوحدات التقليدية للضغط. على سبيل المثال، في كثير من الأحيان يعبر المهندسون عن الضغط بالرطل في البوصة المربعة (psi). الضغوط المقاسة بأجهزة البارومتر والمانومتر يمكن التعبير عنها بمليمترات الزئبق (mmHg). وهناك أيضا وحدة تسمى التور (torr) ووحدة أخرى تسمى البار (bar).

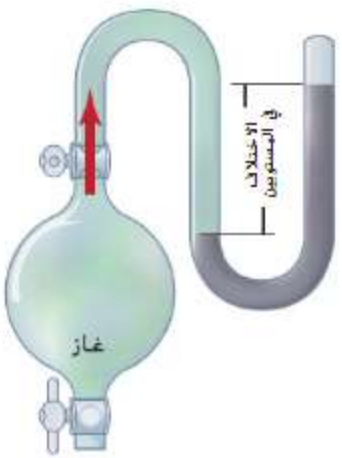
عند مستوى سطح البحر، يبلغ متوسط الضغط الجوي 101.3kPa عندما تكون درجة الحرارة $0^{\circ}C$. وغالبا ما يعبر عن ضغط الهواء بوحدة تسمى ضغط جوي (atm). 1 atm يساوي 760mmHg أو 760torr أو 101.3 كيلوباسكال (kPa). **الجدول 1** يقارن وحدات الضغط المختلفة. لأن الوحدات 1 atm، 760mmHg، و 760torr هي وحدات مُعرفة، ينبغي أن يكون لديها عند استخدامها في العمليات الحسابية أرقام معنوية بقدر الحاجة.

الجدول 1 مقارنة وحدات الضغط

الوحدة	العدد مساوي لـ 1 atm	العدد مساوي لـ 1 kPa
كيلوباسكال (kPa)	101.3 kPa	—
ضغط جوي (atm)	—	0.009869 atm
ميلمتر زئبق (mmHg)	760 mmHg	7.501 mmHg
تور (torr)	760 torr	7.501 torr
رطل لكل بوصة مربعة (psi or lb/in^2)	14.7 psi	0.145 psi
بار (bar)	1.01 bar	0.01 bar



قبل أن يتم إطلاق الغاز في الأنبوب على شكل U، يكون الزئبق في نفس الارتفاع في كلا الطرفين.



بعد إطلاق الغاز في الأنبوب على شكل U، لم تبقى الإرتفاعات متساوية في طرفي الأنبوب.

■ **الشكل 6** يقيس المانومتر ضغط الغاز في وعاء مغلق.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مختبر تحليل البيانات

بناءًا على بيانات حقيقية*

صمّم واستخدم الرسومات البيانية

ماهي العلاقة بين عمق الغوص والارتفاع؟ معظم الغواصين لا يغوصون في الأماكن التي يساوي ارتفاعها سطح البحر أو قريبًا منه. ومع ذلك، يغوص الغواصون في ساسكاتشوان وألبرتا ووكولومبيا البريطانية وكندا، فضلًا عن الكثير من مناطق شمال غرب الولايات المتحدة في ارتفاعات أعلى.

التفكير الناقد

1. **قارن** استخدم البيانات في الجدول لإعداد رسم بياني للضغط الجوي مقابل الارتفاع
2. **احسب** ما هو عمق الغوص الفعلي إذا كان جهاز قياس العمق الخاص بك يشير إلى 18m، ولكنك على ارتفاع 1800m، وكان الجهاز لا يراعي حساب الارتفاع؟
3. **استنتج** تستخدم جداول الغوص لتحديد مدة الأمان للغواص للبقاء تحت الماء في عمق معين. ما مدى أهمية معرفة العمق الصحيح للغوص؟

بيانات وملاحظات

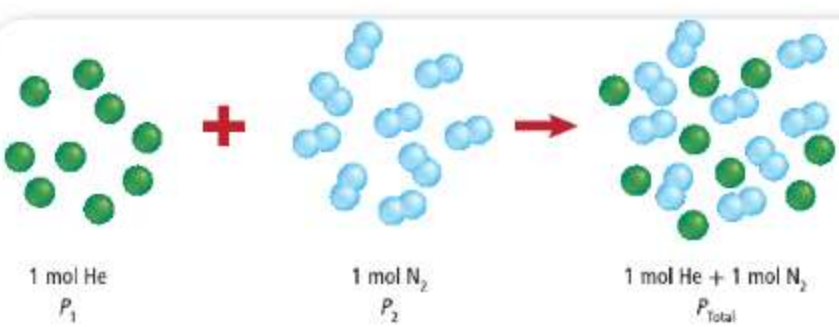
يبين الجدول عامل تصحيح مقياس الضغط للغوص تحت الماء في ارتفاع عالي.

معامل تصحيح ارتفاع الغوص

الارتفاع (m)	الضغط الجوي (atm)	معامل تصحيح جهاز قياس الضغط (m)
0	1.000	0.0
600	0.930	0.7
1200	0.864	1.4
1800	0.801	2.0
2400	0.743	2.7
3000	0.688	3.2

*مصدر البيانات، Sawatzky, D. 2000. الغوص في الارتفاعات الجزء أ. مجلة الغواص. يونيو 2000.

قانون دالتون للضغوط الجزئية عندما درس دالتون خصائص الغازات وجد أن كل غاز موجود في خليط ما يمارس الضغط بشكل مستقل عن الغازات الأخرى الموجودة. كما هو مبيّن في **الشكل 7**، ينص **قانون دالتون للضغوط الجزئية** على أن الضغط الكلي لخليط من الغازات يساوي مجموع ضغوط جميع الغازات الموجودة في الخليط. ويطلق على نسبة ضغط كل غاز من الضغط الكلي الضغط الجزئي. الضغط الجزئي لغاز ما يعتمد على عدد مولات هذا الغاز وحجم الوعاء ودرجة حرارة الخليط. وهو لا يعتمد على هوية الغاز. عند درجة حرارة وضغط محددين، يكون الضغط الجزئي لـ 1mol من أي غاز هو نفسه. ويمكن تلخيص قانون دالتون للضغوط الجزئية بالمعادلة الموجودة في الجزء العلوي من الصفحة التالية.



■ **الشكل 7** عندما تمتزج الغازات، فإن الضغط الكلي للخليط يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات التي يتكون منها.

حدد كيف يقارن الضغط الجزئي لغاز النيتروجين وغاز الهيليوم عند وجود مول من غاز النيتروجين ومول من غاز الهيليوم في نفس الحاوية المغلقة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

قانون دالتون للضغوط الجزئية

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots\ldots P_n$$

P_T يمثل مجموع الضغط.
P_1, P_2، و P_3 يمثل الضغط الجزئي لكل غاز حتى الغاز P_n.

لحساب الضغط الكلي لخليط من الغازات، اجمع الضغوط الجزئية لكل غاز في الخليط.

انظر مجددًا إلى **الشكل 7**. ماذا يحدث عندما نجمع بين 1mol من الهيليوم و 1mol من النيتروجين في وعاء واحد مغلق؟ بما أنّ الحجم لا يتغيّر وكذلك عدد الجسيمات فإن الضغط الكلي يساوي مجموع الضغطين الجزئيين.

مثال 2

الضغط الجزئي لغاز ما خليط من الأكسجين (O_2)، ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، والنيتروجين (N_2) مجموع ضغطيها 0.97 atm. ما هو الضغط الجزئي لـ O_2 إذا كان الضغط الجزئي لـ CO_2 هو 0.70 atm والضغط الجزئي لـ N_2 هو 0.12 atm؟

1 تحليل المسألة

أعطيت الضغط الكلي والضغط الجزئي لغازين اثنين في الخليط. لإيجاد الضغط الجزئي للغاز الثالث، استخدم المعادلة التي تربط الضغوط الجزئية بالضغط الكلي.

معلوم	مجهول
$P_{N_2} = 0.12$ atm	$P_{O_2} = ?$ atm
$P_{CO_2} = 0.70$ atm	
$P_T = 0.97$ atm	

2 حساب المجهول

اكتب قانون دالتون للضغوط الجزئية

$$P_T = P_{N_2} + P_{CO_2} + P_{O_2}$$

حل لحساب P_{O_2}.

$$P_{O_2} = P_T - P_{CO_2} - P_{N_2}$$

عوض $P_T = 0.97$ atm، $P_{CO_2} = 0.70$ atm، و $P_{N_2} = 0.12$ atm.

$$P_{O_2} = 0.97 \text{ atm} - 0.70 \text{ atm} - 0.12 \text{ atm}$$

$$P_{O_2} = 0.15 \text{ atm}$$

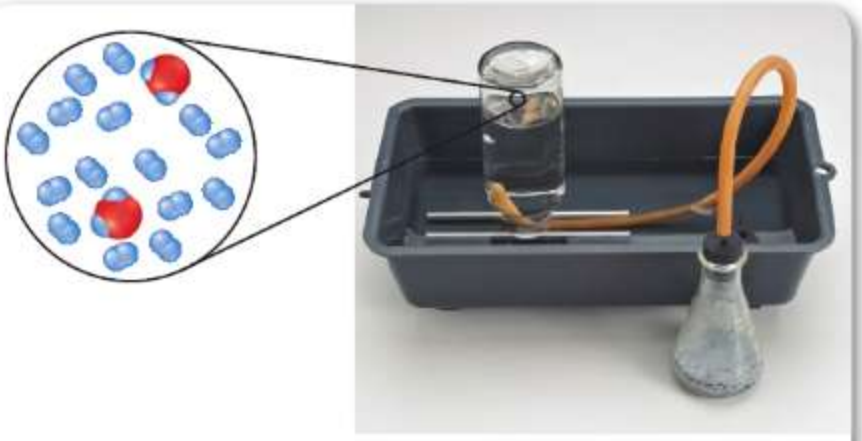
3 تقييم الإجابة

بإضافة قيمة الضغط الجزئي المحسوبة للأكسجين للضغوط الجزئية المعروفة نحصل على الضغط الكلي 0.97 atm. للجواب رقمان معنويان مما يتطابق مع المعطى.

تطبيقات

4. **ما الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين في خليط من الهيدروجين والهيليوم إذا كان الضغط الكلي هو 600 mmHg والضغط الجزئي لغاز الهيليوم هو 439 mmHg؟**
5. ما الضغط الكلي لخليط يحتوي على أربع غازات ضغوطها الجزئية كالتالي 3.02 kPa، 4.56 kPa، 5.00 kPa، و 1.20 kPa.
6. احسب الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون في خليط من الغازات ذو ضغط كلي يساوي 30.4 kPa إذا كان الضغطان الجزئيان لاثنين من الغازات الأخرى في الخليط هما 16.5 kPa و 3.7 kPa .
7. **تحدي** الهواء هو خليط من الغازات، يتكون من نحو 78% من النيتروجين 21% أكسجين و 1% أرجون. (هناك كميات ضئيلة من غازات عديدة أخرى في الهواء.) إذا كان الضغط الجوي هو 760 mmHg، ما الضغوط الجزئية للنيتروجين والأكسجين والأرجون في الغلاف الجوي؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 8** يتفاعل حمض الكبريتيك (H_2SO_4) في الدورق المخروطي مع الخارصين لإنتاج غاز الهيدروجين. الذي جمع عند درجة حرارة 20°C.

احسب الضغط الجزئي للهيدروجين عند درجة حرارة 20°C إذا كان الضغط الكلي لخليط من الهيدروجين وبخار الماء يساوي 100.0*kPa*.

مطوياتي®

أدرج المعلومات الموجودة في هذا القسم في مطويتك.

استخدام قانون دالتون يمكن استخدام الضغوط الجزئية لتحديد كمية الغاز التي أنتجها التفاعل. حيث يمرر الغاز الناتج إلى وعاء منكس في الماء في شكل فقاعات كما هو مبين في **الشكل 8**. خلال تجمعه، يزيح الغازُ الماءَ. سيصبح الغاز المجمّع في الوعاء خليطاً من الهيدروجين وبخار الماء. لذلك، فإن الضغط الكلي داخل الوعاء يصبح مجموع الضغوط الجزئية للهيدروجين وبخار الماء.

ترتبط الضغوط الجزئية للغازات عند نفس درجة الحرارة بتركيزها. الضغط الجزئي لبخار الماء له قيمة ثابتة عند درجة حرارة معينة. يمكنك البحث عن القيمة في الجدول المرجعي. الضغط الجزئي لبخار الماء عند 20°C هو 2.3 kPa. يمكنك حساب الضغط الجزئي للهيدروجين بطرح الضغط الجزئي لبخار الماء من الضغط الكلي.

كما ستقرأ لاحقاً، فإن معرفة الضغط والحجم ودرجة حرارة غاز ما يسمح لك بحساب عدد مولات الغاز. يمكن قياس درجة الحرارة والحجم أثناء التجربة، ويتم توظيف الضغط الجزئي لبخار الماء لحساب ضغط الغاز عندما تعرف درجة الحرارة. يتم توظيف القيم المعروفة عن الحجم ودرجة الحرارة والضغط لايجاد عدد المولات.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- تفسّر نظرية الحركة الجزيئية خصائص الغازات باستخدام حجم وحركة وطاقة جسيماتها.
- ويستخدم قانون دالتون للضغوط الجزئية في تحديد ضغوط الغازات التي يتكون منها الخليط الغازي.
- ويستخدم قانون جراهام لمقارنة معدلات انتشار غازين.

8. الفكرة **الرئيسة اشرح** استخدم نظرية الحركة الجزيئية لشرح سلوك الغازات.
9. **صف** كيفية تأثير كتلة جسيمات الغاز على معدل تدفقها وانتشارها.
10. **وضح** كيفية قياس ضغط الغاز.
11. **فسر** لماذا يجب أن يكون وعاء الماء مقلوبا عند جمع غاز ما بإزاحة الماء.
12. **احسب** لنفترض أن اثنين من الغازات يوجدان في وعاء لهما ضغط كلي 1.20 atm. ما هو ضغط الغاز B إذا كان الضغط الجزئي للغاز A هو 0.75 atm؟
13. **استنتج** إن كان لدرجة الحرارة أي تأثير على معدل انتشار غاز ما. فسّر إجابتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

قوى التجاذب

القسم 2

الفكرة الرئيسة تحدد القوى البين جزيئية—بما في ذلك قوى التشتت والقوى ثنائية القطب والروابط الهيدروجينية—حالة المادة في درجة حرارة معيّنة.

الأسئلة الرئيسة

- ما هي القوى البين جزيئية؟
- كيف تتم مقارنة القوى البين جزيئية؟ وكيف تتباين؟

مراجعة المفردات

تساهمية قطبية polar covalent: هي رابطة تتشكل عندما لا تتوزع إلكترونات الرابطة بالتساوي.

مفردات جديدة

قوى التشتت dispersion force

القوى ثنائية القطب dipole-dipole force

الرابطة الهيدروجينية hydrogen bond

الكيمياء في حياتك

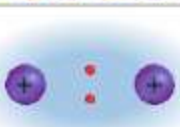
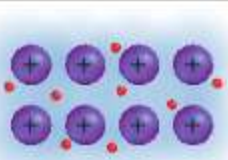
ربما تعلم أن الماء هو مادة توجد في شكل صلب، وسائل وغاز في درجات الحرارة والضغط المعروفة على الأرض. هذه الخاصية الفريدة، بالإضافة إلى غيرها التي تجعل الماء مهم للحياة، تنبع من القوى التي توجد بين جزيئات الماء.

القوى البين جزيئية

إذا كان لدى كل جسيمات المادة في درجة حرارة الغرفة نفس متوسط الطاقة الحركية، فلماذا تكون بعض المواد غازية وبعضها الآخر سائل أو صلب؟ يكمن الجواب في قوى التجاذب داخل وبين الجسيمات. ويطلق على قوى التجاذب التي تبقي الجسيمات معا في روابط أيونية وتساهمية وفلزية بقوى الرابط الجزيئية. المفردة جزيئي يمكن أن تشير إلى ذرّات أو أيونات أو جزيئات. **الجدول 2** يلخّص ما قرأت مسبقا حول قوى الرابط الجزيئية.

قوى الرابط الجزيئية لا تمثل جميع التجاذبات بين الجسيمات. هناك قوى جذب تدعى قوى بين جزيئية. ويمكن لهذه القوى إبقاء الجسيمات المتماثلة معا، مثل جزيئات الماء في قطرة ماء أو نوعين مختلفين من الجسيمات مثل ذرات الكربون في الجرافيت وجسيمات السليلوز في الورق. القوى البين جزيئية الثلاث التي سيتم مناقشتها في هذا القسم هي قوى التشتت والقوى ثنائية القطب، والروابط الهيدروجينية. على الرغم من أن بعض القوى البين جزيئية هي أقوى من غيرها، فإن جميع القوى البين جزيئية تكون أضعف من قوى الرابط الجزيئية.

الجدول 2 مقارنة قوى الترابط الجزيئية

الرابطة	النموذج	أساس التجاذب	مثال
أيونية		الكاتيونات والأنيونات	NaCl
تساهمية		النوى الإيجابية والإلكترونات المشتركة	H_2
فلزية		الكاتيونات الفلزية والإلكترونات حرة الحركة	Fe

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 9** عندما يكون جزيئان قريبان من بعضهما البعض فإن سحب الإلكترونات تتنافر مشكّلة ثنائيات قطب لحظية. يمثل الرمز δ منطقة ذات شحنة جزئية على الجزيء.

اشرح ما يمثّله الرّمزان δ+ وδ− على ثنائي قطب لحظي.

قوى التشتت تذكّر أن جزيئات الأكسجين غير قطبية لأن الإلكترونات تتوزع بالتساوي بين ذرتي الأكسجين المتساويتين في السالبية الكهربائية. ومع ذلك، فهي ظل الظروف المناسبة يمكن ضغط جزيئات الأكسجين إلى سائل. لكي يتكثف الأكسجين يجب أن يكون هناك قوة جذب معيّنة بين جزيئاته.

وتدعى قوة الجذب بين جزيئات الأكسجين "قوة تشتت". **قوى التشتت** هي قوى ضعيفة تنجم عن التغيرات المؤقتة في كثافة الإلكترونات في السحب الإلكترونية. وتسمى قوى التشتت أحيانا قوى لندن نسبة إلى اسم الفيزيائي الألماني الأمريكي فريتز لندن الذي كان أول من وصفها.

تذكر أن الإلكترونات في سحابة الإلكترونات تكون في حركة مستمرة. عندما يكون جزيئان على اتصال وثيق، وخاصة عند تصادمهما، فإن سحابة الإلكترونات لجزيء تتنافر مع سحابة الإلكترونات للجزيء الآخر، فتصبح كثافة الإلكترونات حول كل نواة في لحظة معينة أكبر في جهة معينة من السحابة، فيتكون لكل جزيء ثنائي قطب مؤقت. عندما تكون ثنائيات القطب المؤقّتة قريبة من بعضها البعض، فإن قوة تشتت ضعيفة توجد بين الجهات مختلفة الشحنة في ثنائيات القطب كما يبينه **الشكل 9**.

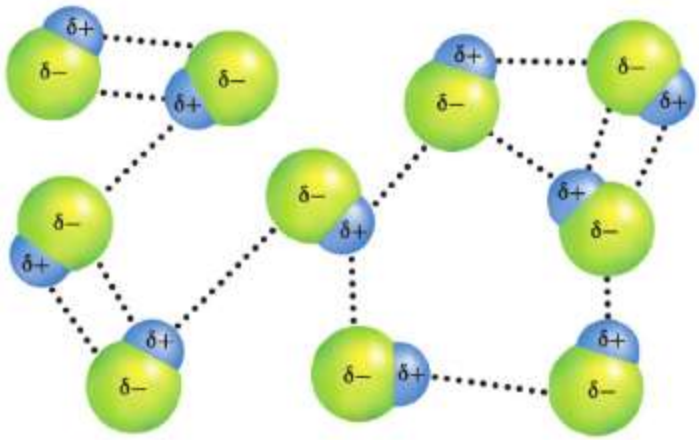
☑ **التحقق من فهم النص** **اشرح** سبب تكون قوى التشتت.

توجد قوى التشتت بين جميع الجسيمات. تكون قوى التشتت ضعيفة بالنسبة للجسيمات الصغيرة، ويتزايد تأثيرها كلما زاد عدد الإلكترونات المشاركة. وبالتالي تزداد قوى التشتت بزيادة حجم الجسيمات. على سبيل المثال، يوجد الفلور والكلور والبروم واليود في شكل جزيئات ثنائية الذرة. تذكّر أن عدد إلكترونات يتزايد من الفلور إلى الكلور والبروم ثم اليود. بما أن جزيئات الهالوجين الأكبر تضمّ عددا أكبر من الإلكترونات، فتتكون قطبية أكبر لثنائيات الأقطاب المؤقتة فيها، وبالتالي قوى تشتت أشدّ. ويفسر هذا الاختلاف في قوى التشتت وجود الفلور والكلور في حالة غازية والبروم سائلا، واليود مادة صلبة في درجة حرارة الغرفة.

☑ **التحقق من فهم النص** **استنتج** الحالة الفيزيائية لعنصر الأستاتين في درجة حرارة الغرفة وفسّر إجابتك.

القوى ثنائية القطب تضم الجزيئات القطبية ثنائيات قطب دائمة؛ بمعنى أن بعض مناطق جزيء قطبي تكون دائما سالبة جزئيا وبعض مناطق الجزيء الأخرى دائما موجبة جزئيا. تسمّى هذه التجاذبات بين الجهات مختلفة الشحنة في الجزيئات القطبية قوى ثنائية الأقطاب. تتوجّه الجزيئات القطبية المجاورة بطريقة تسمح بتراصف الجهات متعاكسة الشحنة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

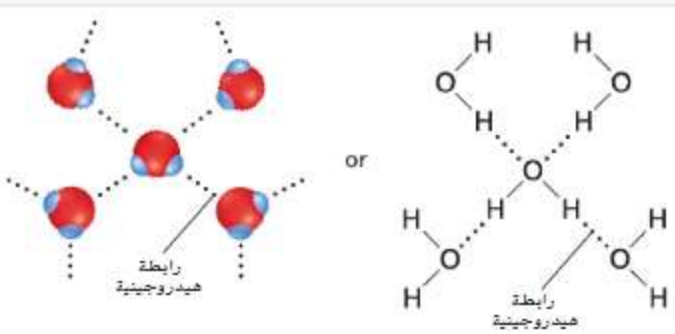


■ **الشكل 10** تتوجّه الجزيئات القطبية المجاورة بطريقة تسمح بتراصف الجهات متعاكسة الشحنة.
حدّد أنواع القوى الممثّلة في هذا الشكل.

عندما تقترب جزيئات غاز كلوريد الهيدروجين، فإن ذرة الهيدروجين الموجبة جزئيا في أحد الجزيئات تنجذب لذرة الكلور السالبة جزئيا في جزيء آخر. **الشكل 10** يوضح تجاذبات متعددة فيما بين جزيئات كلوريد الهيدروجين. لأن ثنائيات الأقطاب دائمة، قد تتوقع أن تكون القوى ثنائية القطب أقوى من قوى التشتت. يكون هذا التوقع صحيحا بالنسبة للجزيئات القطبية الصغيرة ذات ثنائيات الاقطاب الكبيرة. ومع ذلك، تهيمن قوى التشتت على القوى ثنائية القطب بالنسبة للعديد من الجزيئات القطبية، بما في ذلك جزيئات الـ HCl في **الشكل 10**.

التحقق من فهم النص قارن القوى ثنائية القطب وقوى التشتت.

الروابط الهيدروجينية يمثل نوع مميز من التجاذب ثنائي القطب رابطة هيدروجينية. **الرابطة الهيدروجينية** هي عبارة عن تجاذب ثنائي القطب يحدث بين جزيئات تحتوي على ذرة هيدروجين مرتبطة بذرة صغيرة ذات سالبية كهربائية عالية فيها زوج إلكترونات غير مرتبط واحد على الأقل. تهيمن الروابط الهيدروجينية في العادة على كل من قوى التشتت والقوى ثنائية القطب. لتتشكل رابطة هيدروجينية، يجب أن يكون الهيدروجين مرتبطًا إما بالفلور أو الأكسجين أو ذرة النيتروجين، لأن لهذه الذرات سالبية كهربائية عالية كافية للتسبب في شحنة جزئية موجبة كبيرة على ذرة الهيدروجين وفي نفس الوقت صغيرة بما يكفي لتتمكّن أزواج الإلكترونات غير المرتبطة من الاقتراب من ذرات الهيدروجين. على سبيل المثال، لذرتي الهيدروجين في جزيء الماء شحنات موجبة جزئية كبيرة ولذرة الأكسجين شحنة سالبة جزئية كبيرة. عندما تقترب جزيئات الماء تنجذب ذرة هيدروجين جزيء لزوج الإلكترونات غير المرتبط في ذرة الأكسجين في جزيء آخر، كما هو مبين في **الشكل 11**.



■ **الشكل 11** الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء أقوى من القوى ثنائية القطب لأن الرابط بين الهيدروجين والأكسجين ذات قطبية كبيرة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الجدول 3 خصائص ثلاث مركّبات جزيئية

مُركّب	تركيب الجزيء (النموذج الفراغي)	الكتلة المولية (g)	درجة الغليان (°C)
ماء (H_2O)		18.0	100
الميثان (CH_4)		16.0	−161.5
الأمونيا (NH_3)		17.0	−33.3

الروابط الهيدروجينية تفسر لماذا يكون الماء سائلا في درجة حرارة الغرفة في حين أن مركبات أخرى ذات كتل مولية مساوية له تكون غازات. انظر البيانات في **الجدول 3**. الفرق بين الميثان والماء سهل التفسير. لأن جزيئات الميثان غير قطبية، فإن القوى الوحيدة التي تَبقي الجزيئات معا هي قوى تشتت ضعيفة نسبيًا. الفرق بين الأمونيا والماء ليس بنفس الوضوح. حيث تكوّن جزيئات كل من المركبين روابط هيدروجينية. ومع ذلك، فإن الأمونيا غاز في درجة حرارة الغرفة، مما يدل على أن قوى الجذب بين جزيئاتها ليست بنفس القوة. لأن ذرات الأكسجين أكثر سالبية كهربائية من ذرات النيتروجين، فإن الرّوابط O–H في الماء تكون أكثر قطبية من روابط N–H في الأمونيا. ونتيجة لذلك، فإن الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء أقوى من الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الأمونيا.

القسم 2 مراجعة

مُلخّص القسم

- قوى الترابط الجزيئية أقوى من القوى البين جزيئية.
- قوى التشتت هي قوى بين جزيئية بين ثنائيات القطب المؤقتة.
- تظهر القوى ثنائية القطب بين الجزيئات القطبية.

14. الفكرة **الرئيسة اشرح** ما الذي يحدد حالة مادّة ما في درجة حرارة معيّنة.

15. قارن وقابل بين القوى البين جزيئية وصفْ قوى الترابط الجزيئية.

16. قيّم أي من الجزيئات المذكورة أدناه يمكن أن تشكل روابط هيدروجينية. في أي الجزيئات يمكن أن تكون قوى التشتت هي القوى بين الجزيئية الوحيدة؟ فسر إجاباتك.

a. H_2 b. H_2S c. HCl d. HF

17. فسّر البيانات يوجد في جزيء الميثان(CH_4) أربع روابط تساهمية أحادية

يوجد في جزيء الأوكتان (C_8H_{18}) 25 رابطة تساهمية أحادية. كيف يمكن لعدد الروابط التأثير على قوى التشتت في عينات من غاز الميثان والأوكتان؟ أي مركّب يكون غازا في درجة حرارة الغرفة؟ أي مركّب يكون سائلا؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المواد السائلة والصلبة

القسم 3

الفكرة الرئيسة مدى حركة الجسيمات في الأجسام الصلبة والسوائل محدود وهي لا تضغط بسهولة.

الأسئلة الرئيسة

- كيف يختلف ترتيب الجسيمات في كل من السوائل والمواد الصلبة؟
- ما العوامل التي تؤثر على اللزوجة؟
- ما الرابط بين وحدة البلورة والشبكة البلورية؟

مُراجعة المفردات

سطح هلالي meniscus: هو السطح المحدب أو المقعر لسائل في أنبوب.

مفردات جديدة

اللزوجة	viscosity
التوتر السطحي	surface tension
خافض التوتر السطحي	surfactant
الصلب المتبلور	crystalline solid
وحدة البلورة	unit cell
متآصل	allotrope
جسم صلب لابلوري	amorphous solid

الكيمياء في حياتك

هل تساءلت يوما لماذا يصعُب سكب الشراب المركز المحفوظ في الثلاجة عن ذلك المحفوظ خارجها؟ أنت تعلم على الأرجح أن تدفئة الشراب المركز يجعله ينسكب بسهولة أكثر. ولكن لماذا تساعد الزيادة في درجة الحرارة على ذلك؟

السوائل

على الرغم من أنه تم تطوير نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات، فإنه يمكن تطبيق النموذج على السوائل والأجسام الصلبة. عند تطبيق نظرية الحركة الجزيئية على الحالات الصلبة والسائلة للمادة، يجب عليك مراعاة قوى التجاذب بين الجسيمات وطاقة الحركة أيضا.

لقد قرأت في مرحلة سابقة أن بإمكان السائل أخذ شكل الوعاء ولكن حجمه يبقى ثابتًا، يعني أن بإمكان الجسيمات الانسياب لتلائم شكل الوعاء ولكن ليس من الممكن للسائل أن يتمدد ليملأ الوعاء الذي يحتويه كما يبينه **الشكل 12**. ليس للجسيمات المنفردة أماكن ثابتة في السائل حسب نظرية الحركة الجزيئية. تحدُّ قوى التجاذب بين الجزيئات في السائل من مدى حركتها لتبقى الجسيمات متراصة ومتلاصقة في حجم ثابت.

الكثافة والانضغاط تكون السوائل أكثر كثافة من الغازات في درجة حرارة 25°C وضغط 1atm. في نفس الظروف تكون كثافة سائل ما أكبر من كثافة بخاره. على سبيل المثال، كثافة الماء أكبر بـ 1250 مرة من بخار الماء في درجة حرارة 25°C وضغط 1atm. لأن جسيمات الغاز والسائل تحتفظ بنفس متوسط الطاقة الحركيّة عند درجة الحرارة نفسها لذلك يكون السبب في زيادة كثافة السوائل هو القوى البين جزيئية التي تحافظ على ترابط الجسيمات.

تعتبر السوائل — بخلاف الغازات — غير قابلة للانضغاط في كثير من التطبيقات. يكون التغير في حجم السوائل أقلّ بكثير لأن جسيمات السائل متراصة بالفعل ويجب تسليط كمية هائلة من الضغط للتقليل من حجم سائل ما بمقدار صغير جدا.

الشكل 12 السوائل تنساب وتأخذ شكل الوعاء الحاوي لها، لكنها لا تتمدد لملئه مثلما تفعل الغازات.

استنتج السبب في أن السائل يكون على نفس المستوى في كلّ من الأنابيب المتصلة معًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 13** الغازات والسوائل لها القدرة على الانسياب والانتشار. تبين هذه الصور انتشار سائل داخل سائل آخر.

الميوعة تَصنّف الغازات والسوائل كمواد مائعة لأن بإمكانها الانسياب والانتشار. **الشكل 13** يبين انتشار سائل في سائل آخر. عادة ما تنتشر السوائل ببطء أكثر من الغازات في نفس درجة الحرارة لأن التجاذب بين الجزيئات يتداخل مع الانسياب. ولذلك فإن السوائل أقل ميوعة من الغازات. يمكن أن توضح المقارنة بين الماء والغاز الطبيعي هذا الفرق. عندما يكون هناك تسرب في أنابيب مياه الطابق السفلي فإن الماء يبقى في الطابق السفلي إلا إذا تجاوزت كمية المياه المتسربة حجم الطابق السفلي.

لكن الغاز لن يبقى في الطابق السفلي. على سبيل المثال، الغاز الطبيعي أو الميثان هو وقود يحترق في أفران الغاز وسخانات المياه والمواقد. الغاز الذي يتسرب من أنبوب الغاز ينتشر في جميع أنحاء المنزل. تُضيف شركات توزيع الغاز مركّبا ذا رائحة مميزة لأن الغاز الطبيعي عديم الرائحة. وهكذا فإن إضافة رائحة إلى الغاز الطبيعي تنبّه من في المنزل إلى وجود تسرب. ويتاح للعميل الوقت الكافي لإغلاق إمدادات الغاز وفتح النوافذ للسماح للغاز بالانتشار ثم استدعاء شركة الغاز للإبلاغ عن التسرب.

■ **الشكل 14**

دراسة حالات المادة

أدت اكتشافات العلماء إلى فهم أعمق لحالات المادة.

460 ق.م. تقول نظريات الفلاسفة أن كل المواد تتكون من أربعة عناصر: النار والهواء والماء والتراب.

400 ق.م. طوّر الفيلسوف ديموقريطوس النظرية التي تقول أن كل المواد تتكون من أجزاء صغيرة جدًا غير قابلة للانقسام تسمى ذرات.

360 ق.م. أرسطو، الفيلسوف الأكثر تأثيرا، رفض نظرية ديموقريطوس وأيّد الاعتقاد بأن كل المواد متكونة من النار والهواء والماء والتراب.

1643 م. أثبت اختراع البارومتر أن للهواء وزن.

1734 اقترح دانييل برنولي أن ضغط الغاز ينتج عن جسيمات الغاز خلال تصادمها مع جدران الوعاء.

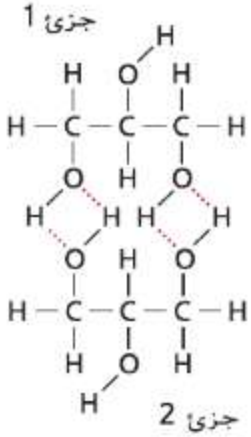
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

اللزوجة اللزوجة أمر مألوف بالنسبة إليك إذا كنت قد جرّبت تناول العسل من قارورة. **اللزوجة** هي مقياس مقاومة السوائل للانسياب. تكون الجسيمات في السائل متقاربة بما يسمح لقوى التجاذب بإبطاء حركتها خلال انسيابها على بعضها البعض. درجة لزوجة السائل تعتمد على نوع القوى البين جزيئية فيه وحجم وشكل الجسيمات ودرجة الحرارة.

يجب أن تلاحظ أن السوائل ليست كلها لزجة. اكتشف العلماء الميوعة الفائقة سنة 1937. قام العلماء بتبريد الهيليوم السائل تحت درجة حرارة 270.998°C− واكتشفوا أن خصائص السائل تغيرت. فقد الهيليوم الفائق الميوعة لزوجته ـــــ مقاومة للانسياب. يظهر اكتشاف الميوعة الفائقة واكتشافات هامة أخرى تتعلق بحالات المادة في **الشكل 14**.

قوى التجاذب في السوائل العادية، كلما زادت قوى التجاذب البين جزيئية ارتفعت درجات اللزوجة. إذا كنت قد استخدمت الجليسرول في المختبر للمساعدة في إدخال أنبوب زجاجي في سدادة مطاطية، فإنك تعلم أن الجليسرول هو سائل لزج. **الشكل 15** يبين استخدم الصيغة البنائية لإظهار الرابطة الهيدروجينية التي تجعل من الجليسرول مادة لزجة جدا. ذرات الهيدروجين المرتبطة بذرات الأكسجين في كل جزيء من الجليسرول قادرة على تشكيل روابط هيدروجينية مع جزيئات الجليسرول الأخرى. النقاط الحمراء في **الشكل 15** تبين مكان تكون الروابط الهيدروجينية بين الجزيئات.

حجم وشكل الجسيم حجم وشكل الجسيمات يؤثران أيضا على اللزوجة. تذكر أن الطاقة الحركية الكلية لجسيم يتم تحديدها من قبل كتلته وسرعته. لنفترض أن قوى التجاذب بين الجزيئات في السائل A والسائل B متشابهة. إذا كانت كتلة الجزيئات في السائل A أكبر من كتلة الجزيئات في السائل B، سيكون للسائل A لزوجة أكبر. ستتحرك جزيئات السائل A بمعدل أبطأ من الجزيئات في السائل B. الجزيئات ذات السلاسل الطويلة مثل زيوت الطبخ وزيت المحركات لها لزوجة أكثر من الجزيئات الأقصر إذا افترضنا أن الجزيئات تمارس نفس نوع قوى التجاذب. في السلاسل الطويلة يوجد مسافة أقصر بين الذرات في الجزيئات المتجاورة وبالتالي، فرصة أكبر للتجاذب بين الذرات.



■ **الشكل 15** يبين هذا الرسم جزيئي الجليسرول والروابط الهيدروجينية بينهما.

حدد عدد الروابط الهيدروجينية المحتملة التي يمكن لجزيء الجليسرول تكوينها مع جزيء آخر .

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لـ مؤسسة McGraw-Hill Education

1808 يرى جون دالتون أن المادة بكافة أشكالها مكونة من جسيمات صغيرة جدًا .

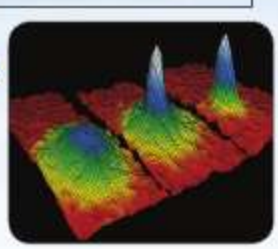
1937 اكتشف العلماء الموادّ ذات الميوعة الفائقة وهي مواد مائعة ذات خصائص لم يسبق مشاهدتها في المواد العادية.

2003 صنعت ديبورا س.جين أول تكاثف فرميوني وهي مادة فائقة الميوعة تعتبر الحالة السادسة للمادة.

2016 لاحظ العلماء وجود حالة جديدة من المادة ، تدعى السائل المغزلي الكمّي. كما تم توقعه في أوائل سبعينات القرن العشرين، فإن السوائل المغزلية الكمّية لها تركيبات عشوائية جدا، حتى في درجات الحرارة شديدة الانخفاض.

1800 — 1900 — 2000

1927 استخدم المصطلح بلازما لأول مرة لوصف الحالة الرابعة للمادة وهي موجودة في الصواعق.



1995 تدعى الحالة الخامسة من المادة وهي مادّة غازية فائقة الميوعة، تكاثف بوز-أينشتاين وقد صنعت وسميت على اسم ساتيندرا ناث بوز وألبرت أينشتاين.

درجة الحرارة تنخفض اللزوجة مع ارتفاع درجة الحرارة. عندما تصب كمية صغيرة من زيت القلي في مقلاة، لا يميل الزيت إلى الانتشار في قاع المقلاة إلى أن تسخّنها. هناك زيادة في متوسط الطاقة الحركية لجزيئات الزيت بزيادة درجة الحرارة. تُسهّل الطاقة المضافة للجزيئات التغلّب على القوى البين جزيئية التي تمنع الجزيئات من الانتشار.

زيت المحرك هو مثال آخر لتأثير درجة الحرارة على اللزوجة. يبقي زيت المحرك الأجزاء المتحركة لمحرك الاحتراق الداخلي مشحمة. كان الناس يستخدمون مزيجا مختلفا من زيوت المحركات في الشتاء والصيف لأن التغيرات في درجات الحرارة تؤثر على لزوجة زيت المحرك. تم تصميم زيت المحركات المستخدم في فصل الشتاء لينساب في درجات الحرارة المنخفضة. كان زيت المحركات المستخدم في فصل الصيف أكثر لزوجة بحيث يمكنه الحفاظ على اللزوجة الكافية في الأيام الحارة جدا أو خلال الرحلات الطويلة. تساعد الإضافات في زيت المحركات اليوم على ضبط اللزوجة بحيث يمكن استخدام نفس مزيج الزيت طوال العام. الجزيئات في المواد المضافة عبارة عن أجسام كروية متراصة ذات لزوجة منخفضة نسبيا في درجات حرارة باردة. ويتغير شكل جزيئات المواد المضافة في درجات الحرارة العالية ليصبح في هيئة سلاسل طويلة. تتشابك هذه السلاسل مع جزيئات الزيت مما يزيد من لزوجة الزيت.

☑ **التحقق من فهم النص** **استنتج** لماذا من المهم أن يبقى زيت المحرك لزجا.

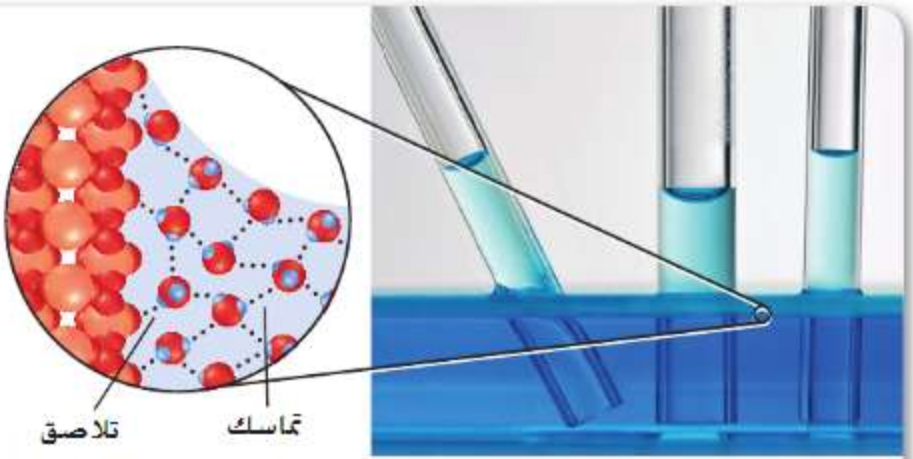
التوتر السطحي ليس للقوى البين جزئية تأثيرات متساوية على كل الجسيمات في السائل كما هو مبين في **الشكل 16**. يمكن أن تجذب الجسيمات في وسط السائل إلى جسيمات فوقها وتحتها وعلى الجانبين. لا توجد قوى جاذبة للجسيمات الموجودة على سطح السائل من الأعلى لتحقيق الاتزان مع تلك القوى الجاذبة لأسفل. وبالتالي تكون المحصلة قوة جاذبة تسحب الجسيمات الموجودة على السطح إلى الأسفل. يميل السطح ليغطي أصغر مساحة ممكنة وإلى التصرف كما لو كان ممددا بإحكام مثل رأس الطبل. يجب على الجسيمات في الداخل الانتقال إلى السطح لزيادة مساحته. وهذا يحتاج إلى طاقة ضرورية للتغلب على قوى التجاذب بين الجسيمات داخل السائل. **التوتر السطحي** هو الطاقة اللازمة لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار معين. التوتر السطحي هو مقياس لقوة السحب نحو الداخل من طرف الجزيئات الداخلية.

■ **الشكل 16** على سطح الماء، تسحب الجسيمات نحو الداخل إلى أن تتزن قوى الجذب وقوى التنافر.

تُحدث القوى البين جزيئية تحت سطح الماء توترا سطحيًا.

التوتر السطحي للماء يسمح لهذا العنكبوت بالمشي على سطح الماء.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 17** تتميز جزيئات الماء بخاصيتي التماسك والتلاصق.
استنتج لماذا يكون مستوى الماء أكثر ارتفاعًا في الأنبوب الأصغر قطرًا.

تتسبب قوة التجاذب بين جزيئات الماء وثاني أكسيد السيليكون في الزجاج في ارتفاع جزيئات الماء في أنابيب الزجاج.

تنجذب جزيئات الماء إلى بعضها البعض—التماسك—وإلى جزيئات ثاني أكسيد السيليكون في الزجاج —التلاصق.

بشكل عام، كلما كانت قوى الجذب بين الجزيئات أقوى زاد التوتر السطحي. يتميز الماء بتوتر سطحي عالي لأن جزيئاته قادرة على تكوين روابط هيدروجينية متعددة. تتخذ قطرات الماء شكلا كرويًا لأن مساحة سطح الكرة أصغر من مساحة أي شكل آخر في حجم مماثل. يسمح التوتر السطحي المرتفع للماء للعنكبوت في **الشكل 16** بالمشي على سطح البركة.

نفس القوى التي تسمح للعنكبوت بالبقاء جافًا على سطح البركة، تجعل من الصعب إزالة الأوساخ من الجلد والملابس باستخدام الماء وحده. لأن جسيمات الأوساخ لا يمكنها أن تخترق سطح قطرات الماء فإن الماء لوحده غير كاف لإزالة الأوساخ. يقلص الصابون والمنظفات من التوتر السطحي للماء عن طريق تكسير الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء. عندما يتم كسر الروابط الهيدروجينية، ينتشر الماء فيسمح للأوساخ أن تندفع بعيدا. وتدعى المركبات التي تعمل على تقليل التوتر السطحي للماء **مخفضات التوتر السطحي**.

التماسك والتلاصق عندما يكون الماء في وعاء ضيق مثل الأنابيب الزجاجية في **الشكل 17**، يمكنك ملاحظة أن سطح الماء غير مستو. يأخذ السطح شكلا مقعرا وهذا يعني أنه ينخفض في الوسط. **الشكل 17** يوضح ما يحدث للماء على المستوى الجزيئي. هناك نوعان من القوى التي تعمل: التماسك والتلاصق. التماسك هو قوة التجاذب بين الجزيئات المتماثلة. التلاصق هو قوة التجاذب بين الجزيئات المختلفة. يرتفع الماء على طول الجدران الداخلية للأنبوب لأن قوى التلاصق بين جزيئات الماء وثاني أكسيد السيليكون في الزجاج أكبر من قوى التماسك بين جزيئات الماء.

الخاصية الشعرية سترتفع طبقة رقيقة من الماء إذا كان الأنبوب ضيق للغاية . وتسمى الأنابيب الضيقة أنابيب شعرية. وتسمى حركة السوائل هذه مثل الماء الخاصية الشعرية. تساعد الخاصية الشعرية على تفسير قدرة امتصاص المناشف الورقية لكميات كبيرة من الماء. ويسحب الماء إلى المساحات الضيقة بين ألياف السليلوز في المناشف الورقية بواسطة الخاصية الشعرية. وبالإضافة إلى ذلك، فإن جزيئات الماء تشكل روابط هيدروجينية مع جزيئات السليلوز.

المُفردات
الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العادي
القوة

الاستخدام العلمي: هي عملية الدفع أو السحب التي تُمارس على المادّة ولها مقدار واتجاه معينين
نوجد قوة الجاذبية بين أي مادتين لهما كتلة وهي تتناسب طرديا مع كتلتيهما.

الاستخدام العام: مجموعة من الناس الذين يشكّلون قوة عمل من أجل تحقيق نتيجة مرجوة
زادت قوة العمل في الإمارات العربية المتحدة إنتاجيتها في العام الماضي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

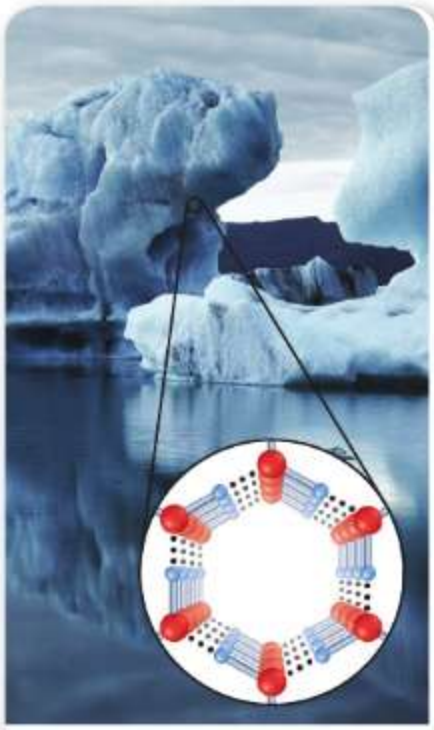
الأجسام الصلبة

هل سبق لك أن تساءلت لماذا تتميز المواد الصلبة بشكل وحجم محددين؟ وفقًا لنظرية الحركة الجزيئية، يكون لمول واحد من الجسيمات الصلبة نفس كمية الطاقة الحركية التي يتمتع بها مول آخر من جسيمات السائل أو الغاز في نفس درجة الحرارة. من حيث المبدأ، يجب أن تكون الجسيمات في المادة الصلبة في حركة مستمرة. حتى تكون المادة صلبة عند درجة حرارة معينة بدلًا من سائلة، لا بدّ من قوى تجاذب قوية وفاعلة بين الجسيمات في المادة الصلبة . تجعل هذه القوى حركة الجسيمات تقتصر على اهتزازات حول مواقع ثابتة في المادة الصلبة. وبالتالي، فإن ترتيب الجسيمات أكثر نظامًا في المادة الصلبة منه في المادة السائلة. بفضل هذا الترتيب، تصبح المواد الصلبة غير مائعة. وحدها الغازات والسوائل تصنف كمواد مائعة.

كثافة المواد الصلبة بشكل عام، تكون الجسيمات في المواد الصلبة متراصة بإحكام أكثر من تلك الموجودة في المواد السائلة. وبالتالي، فإن معظم المواد الصلبة أكثر كثافة من معظم السوائل. عندما تتواجد كلتا الحالتين السائلة والصلبة للمادة في نفس المكان، فإن المادة الصلبة تغرق دائمًا في السائل. مكعبات البنزين الصلبة تغرق في البنزين السائل لأن البنزين الصلب أكثر كثافة من البنزين السائل. وهناك فارق حوالي 10% في الكثافة بين الحالتين الصلبة والسائلة لمعظم المواد. ونظرًا لأن جسيمات المواد الصلبة متراصة، فإن كميات الضغط العادية لا تغير من حجم الجسم الصلب.

لا يمكنك توقع الكثافات النسبية للجليد والماء السائل باعتماد البنزين. تطفو مكعبات الثلج والجبال الجليدية لأن الماء أقل كثافة في حالته الصلبة مما هو عليه كسائل. **الشكل 18** يبين سبب الاستثناء . عندما يتجمّد الماء، يمكن لكل جزيء من جزيئات الـ H_2O تكوين روابط هيدروجينية مع عدد من الجزيئات المجاورة يصل إلى أربع جزيئات. ونتيجة لذلك، فإن جزيئات الماء في الجليد أقل تراصًا من تلك التي في الماء السائل.

التأكّد من فهم النّص **صف** سبب طفو الجليد على الماء بعباراتك الخاصة.



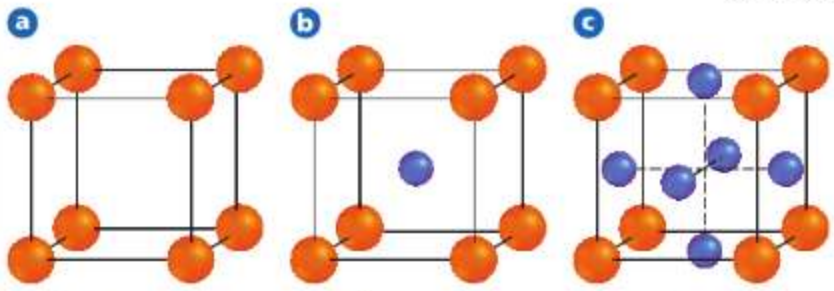
■ **الشكل 18** يمكن للجبل الجليدي أن يطفو لأن تركيبه الصلب ثلاثي الأبعاد يبقي جزيئات الماء أكثر تباعدًا مما هو عليه في الماء السائل . هذا التركيب المفتوح والمتناسق للجليد ناتج عن الترابط الهيدروجيني.

المواد الصلبة البلّورية على الرغم من كثافته غير المألوفة، فإن الجليد يتشابه مع معظم المواد الصلبة حيث أن جزيئاته متراصة بطريقة متوقعة. **المادة الصلبة البلورية** هي مادة صلبة ذات ذرّات أو أيونات أو جزيئات مرتبة في تركيبة هندسية منتظمة. يمكن أن تكون مواقع الجسيمات في المواد الصلبة البلورية ممثّلة كنقاط على إطار يُسمى الشبكة البلّورية. **الشكل 19** يظهر ثلاث طرق لترتيب الجسيمات في شبكة بلورية لتشكيل مكعب.

مهن في الكيمياء

عالم التّعدين علماء التعدين هم مهندسون مشاركون في كل مراحل معالجة المعادن من الاستخراج والتنقية إلى تشكيل المنتج النهائي . في كل مرحلة، يجب على علماء التعدين فهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمعادن. تعدّ الشهادة الجامعية ضرورية لتصبح عالم تعدين، ويواصل الكثير دراستهم للحصول على شهادات متقدمة.

■ **الشكل 19** تبين هذه الرسومات طرق ترتيب الجسيمات الثلاث في الشبكة البلّورية. تُمثّل كل كرة جسيمًا. **a**، ترتّب الجسيمات فقط عند زوايا المكعب. **b**، يوجد جسيم في مركز كلّ مكعب. **c**، هناك جسيمات في مركز كل سطح من الأسطح الستّ للمكعب وليس في مركز المكعب ذاته.



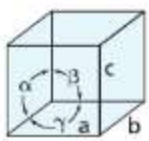
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

وحدة البلورة هي أصغر ترتيب للذرات في الشبكة البلّورية التي لها نفس تماثل البلّورة الكاملة. مثل وحدة الصيغة التي قرأت عنها في وقت سابق، فإن وحدة البلورة هي جزء ممثّل صغير من كلّ أكبر. يمكن تخيل وحدة البلورة كحجر البناء الذي يحدد شكل البلّورة حسب شكله الخاص.

الجدول 4 يبين سبعة فئات من البلورات حسب شكلها. تختلف أشكال البلّورات لأن أسطح أو أوجه وحدة البلورة لا تلتقي دائمًا عند زوايا قائمة، بالإضافة إلى تنوّع طول حواف الوجوه. في **الجدول 4**، تم تصنيف الحواف a، b و c والزوايا التي تلتقي عندها الأسطح α، β و γ.

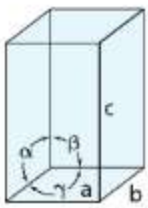
الجدول 4 وحدات البلورة

الهاليت (الملح الصخري)



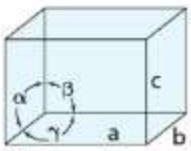
$a = b = c$
$\alpha = \beta = \gamma = 90°$
مكعب

فيزوفيانيت



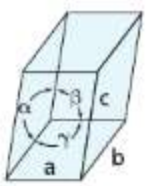
$a = b \neq c$
$\alpha = \beta = \gamma = 90°$
رباعي

أراجونيت



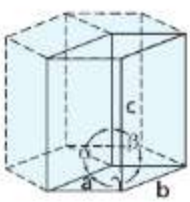
$a \neq b \neq c$
$\alpha = \beta = \gamma = 90°$
معين متعامد

الميكروكلين



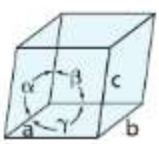
$a \neq b \neq c$
$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$
ثلاثي الميل

البيريل (زمرد)



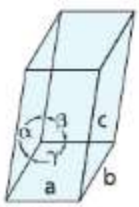
$a = b \neq c$
$\alpha = \beta = 90°, \gamma = 120°$
سداسي

التورمالين



$a = b = c$
$\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$
ثلاثي (معين)

الكروكويت



$a \neq b \neq c$
$\alpha = \gamma = 90° \neq \beta$
أحادي الميل

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الجدول 5 أنواع المواد الصّلبة البلّورية

النوع	جسيمات الوحدة	خاصيّات الطور الصّلب	أمثلة
ذرّي	الذرات.	لين إلى لين جدًا، درجات انصهار منخفضة جدًا، غير موصلة للتيار الكهربائي.	عناصر المجموعة 18
جزيئي	الجزيئات.	ليّنة نوعًا ما، درجات انصهار منخفضة إلى معتدلة الارتفاع، غير موصلة.	I_2, H_2O, NH_3, CO_2, $C_{12}H_{22}O_{11}$ (سكّر المائدة)
شبكية تساهمية	ذرّات مترابطة بروابط تساهمية.	صلبة جدًا، درجة انصهار عالية جدًا، غير موصلة غالبًا	الماس (C) والكوارتز (SiO_2)
أيونية	أيونات	صلب، هشّ، درجات انصهار عالية، غير موصلة	NaCl, KBr, $CaCO_3$
فلزية	ذرات محاطة بإلكترونات تكافؤ حرة الحركة	لين إلى صلب، درجات انصهار منخفضة إلى عالية جدا، قابلة للطرق والسحب، موصلة ممتازة	كل العناصر الفلزية

فئات المواد الصلبة البلورية يمكن تقسيم المواد الصلبة البلورية إلى خمس فئات بناءًا على أنواع الجسيمات الصّلبة التي تحتويها وكيفية ترابط هذه الأخيرة معًا: الصلبة الذرية والمواد الصلبة الجزيئية والمواد الصلبة التساهمية الشبكية والمواد الصّلبة الأيونية والمواد الصلبة الفلزية. **الجدول 5** يلخص الخصائص العامة لكل فئة ويقدّم أمثلة. المواد الصلبة الذرية الوحيدة هي الغازات النبيلة. وتعكس خصائصها قوى التشتت الضعيفة بين الذرات.

المواد الصلبة الجزيئية تتماسك الجزيئات في المواد الصلبة الجزيئية فيما بينها بواسطة قوى التشتت أو القوى ثنائية القطب، أو الروابط الهيدروجينية. معظم المركّبات الجزيئية لا تكون صلبة في درجة حرارة الغرفة. حتّى الماء الذي يمكن أن يشكّل روابط هيدروجينية قويّة، يكون سائلًا في درجة حرارة الغرفة. المركبّات الجزيئيّة مثل السكّر تكون صلبة في درجة حرارة الغرفة بسبب كتلتها المولية الكبيرة. بين الجزيئات الأكبر حجمًا، يمكن أن تتظافر عدة تجاذبات ضعيفة للحفاظ على تجمّع الجزيئات، ولأنها لا تحتوي على أيونات، فإن المواد الصلبة الجزيئية رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء.

■ **الشكل 20** يتميز الكوارتز الأكثر شيوعًا ببنية بلورية سداسية الشكل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة مصغرة

تصميم نموذج لوحدة البلورة.

كيف يمكنك صنع نماذج ملموسة توضح تركيب البلورات؟

الإجراء

1. حدّد احتياطات السّلامة لنشاط المختبر قبل بدء العمل.
2. اقطع **أربع ماصات شراب** إلى ثلاثة أجزاء متساوية. قم بوصل أجزاء الماصات ببعضها البعض لتكوين مُكعّب باستخدام **سلك**. استخدم **مقصًا** لقطع السّلك. ارجع إلى **الجدول 4** للحصول على دليل للأشكال البلّورية.
3. لمحاكاة نموذج بلّوري معيني، غيّر شكل مكعّب من الخطوة 2 إلى حين تتشوّه كافة الزوايا القائمة.
4. لتعدّ نموذج بلورة سداسية الشكل، اجعل زاوية القاعدة $\gamma = 120°$ والزاويتين الأخريين تساويان $90°$.
5. لإعداد نموذج رباعي، اقطع **4 ماصات** بالنصف. اقطع 4 من القطع بالنصف مجددا. قم بربط القطع الثمانية الأقصر لصنع 4 نهايات مرتبة. استخدم القطع الأطول لربط النهايات المرتبة.
6. لإعداد نموذج بلورة معينيّة قائمة، اقطع 4 **ماصات** بالنصف. اقطع الثلث من 4 من الأنصاف منتجًا 4، لكلّ واحد منها ثلاثة أطوال مختلفة. قم بربط القطع الـ 4 الطوال والـ 4 المتوسّطة والـ 4 القصيرة إلى أن يكوّن كل جانب مستطيلا.
7. لإعداد نموذج للبلّورة أحادية الميل، غيّر نموذج الخطوة 6 على طول محور واحد. لإعداد نموذج للبلّورة ثلاثية الميل، غيّر نموذج الخطوة 6 إلى أن لا تبقى فيه أية زاوية قائمة.

التّحليل

1. **قيّم** أي النموذجين له 3 محاور متساوية الطّول؟ كيف تختلف هذه النماذج؟
2. **حدد** أي هذه النماذج يتضمّن مربعا ومثلّثا.
3. **حدد** أي هذه النماذج لها 3 محاور غير متساوية.
4. **استنتج** هل تعتقد أن البلّورات تبلغ الكمال، أم أن فيها عيوب؟ فسّر إجابتك.

المواد الصلبة التساهمية الشبكية الذرات مثل الكربون والسليكون، التي يمكن أن تشكل روابط تساهمية متعددة، قادرة على تكوين المواد الصلبة التساهمية الشبكية. تركيب الشّبكة التّساهمية للكوارتز الذي يحتوي على السليكون مبيّنة في **الشكل 20**. يشكل الكربون ثلاث أنواع من المواد الصلبة التساهمية الشبكية—الماس والجرافيت والفوليرين. تسمى ظاهرة وجود العنصر على أشكال عدّة في نفس الحالة—الصلبة أو السائلة أو الغازية **التآصل**. لمزيد من المعلومات حول تآصل الكربون انظر كتيّب العناصر.

المواد الصّلبة الأيونية تذكر أن كل أيون في مادّة صلبة أيونية محاط بأيونات ذات شحنات متعاكسة. نوع الأيونات ونسبتها تحدد تركيب الشبكة وشكل البلورة. تحدد شبكة التجاذب التي تمتد عبر البلورة الأيونية درجات انصهار وصلابة هذه المركّبات. البلّورات قوية ولكنها هشّة، فعند تعرض البلّورات الأيونية للطرق، تغير الكاتيونات والأنيونات مواقعها الثّابتة، ويسبب التنافر بين الأيونات ذات الشّحنات المتشابهة في تهشّم البلّورة.

المواد الصلبة الفلزية تذكّر أن المواد الصلبة الفلزية تتكون من أيونات الفلزات الموجبة التي يحيط بها بحر من الإلكترونات المتحركة. تختلف قوة الروابط الفلزية بين الكاتيونات والالكترونات بين الفلزات وتسبب الاختلاف الكبير في الخصائص الفيزيائية. على سبيل المثال، ينصهر القصدير عند 232^0C، ولكن النيكل ينصهر عند 1455^0C. تجعل الإلكترونات المتحركة الفلزات قابلة للطرق والسحب بحيث يمكن تشكيلها إلى صفائح أو أسلاك. عندما يتم تسليط قوة على فلز، فإن الإلكترونات تتحرك، وبالتالي تحافظ على أيونات الفلز مترابطة في مواقعها الجديدة. تجعل الإلكترونات المتحركة الفلزات موصلات جيّدة للحرارة والكهرباء. كما هو مبيّن في **الشكل 21**، يوظف تشكيل الفلز في شكل أسلاك في إيصال الكهرباء إلى مقرّات العمل والمنازل.

التحقق من فهم النص **اذكر** خصائص الفلزات التي تجعلها مفيدة في صنع المجوهرات.

■ **الشكل 21** تستخدم الأسلاك الفلزية في المنازل ومقرّات العمل وجميع أنواع الأدوات لنقل الكهرباء. عادة ما يكون الفلز هو النحاس، ولكن غيره من الفلزات تستخدم في تطبيقات خاصة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 22** استخدم السكّان الأصليون في أمريكا حجر السبج اللابلوري (الزجاج البركاني) الذي يشبه الزجاج لصنع رؤوس الأسهم والسكاكين لأنه يشكل حواف حادّة عند كسره. يتكون حجر السبج عندما تبرد الحمم البركانية بشكل سريع جدا مما لا يترك الوقت الكافي لتشكّل البلورات.

مطويتي

قم بإدراج المعلومات الموجودة في هذا القسم في مطويتك.

المواد الصّلبة اللابلورية **المادّة الصلبة اللابلّورية** هي مادّة لا تترتب جسيماتها وفق نمط منتظم متكرر. وهي لا تحتوي على بلورات. غالبا ما تتشكّل المادّة الصلبة غير المتبلورة عندما تبرد مادّة منصهرة بسرعة أكبر من أن تسمح بوقت كاف للبلّورات لتتشكّل. **الشكل 22** يعرض مثالا عن المادّة الصلبة غير المتبلورة.

الزجاج والمطاط، والعديد من المواد البلاستيكية هي مواد صلبة غير متبلورة. وقد أظهرت الدراسات الحديثة أن الزجاج قد يكون له تركيبًا بلوريًا. فعند استخدام حيود الأشعة السينية لدراسة الزجاج، بدا أنه لا يوجد أي نمط لتوزيع الذرات. وعند استخدام النيوترونات بدلا من ذلك، أمكن الكشف عن نمط منتظم من وحدات السيليكات في بعض المناطق. يأمل الباحثون أن يستخدموا هذه المعلومة الجديدة للتحكّم في تركيب الزجاج لاستخدامه في تطبيقات الألياف البصرية ولإنتاج زجاج ينقل الكهرباء.

القسم 3 مراجعة

مُلخّص القسم

- تفسّر نظرية الحركة الجزيئية سلوك المواد الصلبة والسائلة.
- تؤثر القوى البين جزيئية في السوائل على اللزوجة والتوتر السطحي والتماسك والتلاصق.
- يمكن تصنيف المواد الصلبة البلورية حسب شكلها وتركيبها.

18. الفكرة **الرئيسة قارن** بين ترتيب الجسيمات في المواد الصّلبة والسائلة.
19. **صف** العوامل المؤثرة على اللزوجة.
20. **فسر** لماذا يستخدم الصّابون والماء لتنظيف الملابس عوضا عن الماء فقط.
21. **قارن** وحدة البلورة والشبكة البلّورية.
22. **صف** الفرق بين المادة الصلبة الجزيئية وبين المواد الصلبة التساهمية الشبكية.
23. **فسر** لماذا يأخذ الماء شكلا مقعرا عندما يوضع في مخبار مدرج.
24. **استنتج** لماذا يكون سطح الزئبق في ميزان الحرارة محدبًا. أي أن السّطح أعلى في المركز.
25. **تنبأ** أي مادة من المواد الصلبة هي الأكثر احتمالا لأن تكون غير متبلورة—تلك التي تتشكل من خلال السماح للمادة المنصهرة بأن تبرد ببطء حتّى درجة حرارة الغرفة أو التي تشكلت بتبريد نفس المادة بسرعة في إناء ثلج.
26. **صمّم** تجربة للمقارنة بين قدرة كل من الماء وكحول الأيزوبروبيل النسبية لدعم لعبة الحجارة المتزحلقة (skipping stones) على الماء. تنبأ أيضا أي السوائل سيكون الأنسب لذلك مع تفسير مقتضب لتوقّعك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 4

تغيرات الحالة

الفكرة الرئيسة تتغير حالة المادة بإضافة أو إزالة مقدار من الطّاقة.

الأسئلة الرئيسة

- كيف يمكن لإضافة أو إزالة مقدار من الطاقة أن يسبب تغيّر الحالة؟
- ماهو مخطط الطور؟

مراجعة المفردات

تغيّر الحالة : انتقال المادة من حالة إلى أخرى

المفردات الجديدة

درجة الانصهار	melting point
تبخير	vaporization
تبخّر	evaporation
ضغط البخار	vapor pressure
درجة الغليان	boiling point
درجة التجمد	freezing point
تكثيف	condensation
الترسب	deposition
مخطط الطور	phase diagram
النقطة الثلاثية	triple point

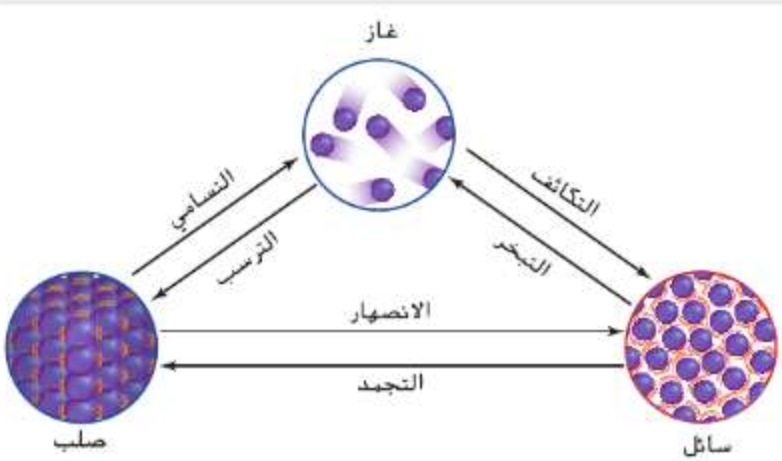
الكيمياء في حياتك

هل تساءلت يوما أين تذهب المادة الصّلبة في معطّر الهواء؟ وهي مادة صلبة وتعطي رائحة قوية في البداية عندما تفتح وتوضع في غرفة. يوما بعد يوم، تصبح المادة الصلبة أصغر وأصغر. وأخيرا، لا يبقى منها شيء ويحين الوقت لاستخدام واحدة اخرى. أنت لا تلاحظ تكون بقعة سائلة سائلة كالتي قد تراها إذا انصهرت هذه المادة.

تغييرات الحالة التي تمتص طاقة

يمكن أن توجد معظم المواد في ثلاث حالات تبعا لدرجة الحرارة والضغط. يوجد عدد قليل من المواد، مثل الماء، التي بإمكانها اتّخاذ الحالات الثلاث في ظل الظروف العادية. ويشار إلى حالات المادة على أنها أطوار عندما تتواجد معا كأجزاء منفصلة مادّيا في خليط. الماء المثلج هو خليط غير متجانس ذو حالتين، الجليد الصلب والماء السائل. عندما تضاف أو تزال طاقة من نظام ما، يمكن لحالة أن تتغير إلى حالة أخرى كما هو مبين في **الشكل 23**. يمكننا استخدام الماء كمثال أساسي في مناقشة تغيرات الحالة لأنك معتاد على حالاته—الثلج والماء السائل، وبخار الماء—ولاحظت التغيرات بين تلك المراحل.

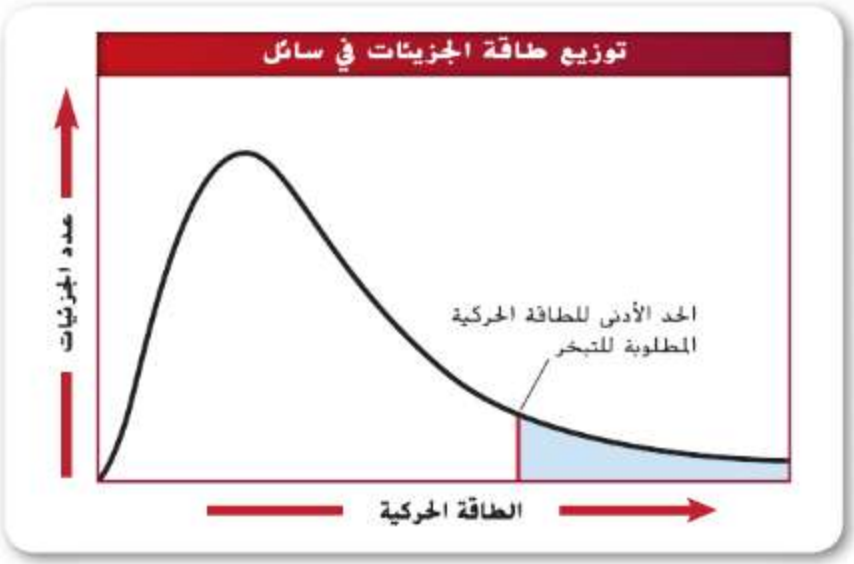
الانصهار مالذي يحدث لمكعبات الثّلج في كأس مليئة بالماء المثلّج؟ عندما توضع مكعبات الثلج في الماء فإن الماء يكون في درجة حرارة أعلى من الثلج. تنتقل الحرارة من الماء إلى الثلج. الحرارة هي انتقال الطاقة من جسم في درجة حرارة أعلى إلى جسم آخر في درجة حرارة أقل. عند درجة انصهار الثلج، لا تستخدم الطاقة الممتصة من طرف الثلج لرفع درجة حرارة الثلج. بدلا من ذلك، فهي تكسر الروابط الهيدروجينية التي تبقي جزيئات الماء متماسكة في بلّورة الثلج. تتباعد الجزيئات على سطح الثلج عندما تمتص ما يكفي من الطاقة لكسر الروابط الهيدروجينية، وتدخل المرحلة السائلة. بإزالة الجزيئات، ينكمش مكعب الثلج. وتستمر هذه العملية حتى ينصر الثلج كلّه. في حالة ترك مكعبات الثلج على المنضدة، من أين تأتي الطّاقة لصهر المكعبات؟



■ **الشكل 23** يبين المخطط ستة تحولات ممكنة بين الحالات.

حدد تغيرات الحالة التي تحدث بين المواد الصّلبة والسّائلة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 24** يوضح هذا الرسم البياني توزيعا نموذجيا للطاقة الحركية للجزيئات في السائل عند درجة 25°C. تكمن الكمية القصوى للطاقة الحركية لجزيء في أعلى نقطة في المنحنى.

صف مظهر المنحنى لنفس السّائل في درجة حرارة 30°C.

الكيمياء في الحياة اليومية

التبخر

التعرّق التبخّر هو إحدى طرق تحكم الجسم بدرجة حرارته. عندما تصبح ساخنًا، يفرز جسمك العرق من الغدد التي في بشرتك. يمكن لجزيئات الماء في العرق امتصاص الطاقة الحرارية من بشرتك والتبخر. ويتم نقل الحرارة الزائدة من جميع أجزاء جسمك إلى الجلد عن طريق الدم.

تعتمد كمية الطاقة اللازمة لصهر 1 mol من مادة صلبة على شدّة القوى المحافظة على تماسك الجسيمات في المادة الصلبة. تلزم كمّية طاقة كبيرة نسبيًا لصهر الثلج لأن الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء قوية. ومع ذلك، فإن الطاقة اللازمة لانصهار الثلج هي أقل بكثير من الطاقة اللازمة لانصهار ملح الطعام لأن الروابط الأيونية في كلوريد الصوديوم أقوى بكثير من الروابط الهيدروجينية في الثلج.

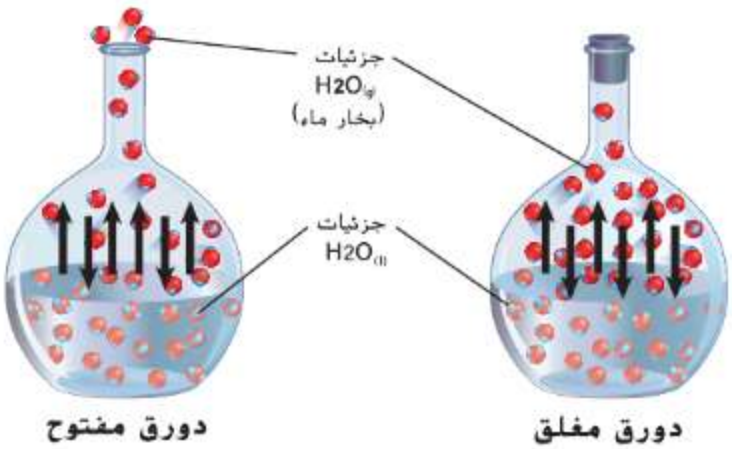
درجة الحرارة التي يمكن أن تتواجد فيها الحالة السائلة والحالة الصلبة لمادة معينة هي خاصية فيزيائية مميّزة للعديد من المواد الصلبة. **درجة انصهار** المادّة الصلبة البلورية هي درجة الحرارة التي تتكسّر فيها القوى التي تبقي الشبكة البلورية متماسكة وتصبح بالتالي سائلة. من الصعب تحديد درجة انصهار مادّة صلبة غير متبلورة بدقّة لأنها لا تنصهر على درجة حرارة ثابتة فعندما يبدأ الانصهار تستمر درجة الحرارة في الارتفاع .

التبخير عندما ينصهر مكعّب الثّلج، تبقى درجة حرارة الثّلج والماء الناتج ثابتة. عندما ينصهر الثلج بالكامل، تزيد الطاقة الإضافية المضافة للنظام من الطاقة الحركيّة للجزيئات السائلة، وتبدأ درجة حرارة النظام بالارتفاع. في الماء السّائل، سيكون لبعض الجزيئات طاقة حركيّة أكثر من جزيئات أخرى. **الشكل 24** يبين كيف توزّع الطاقة بين الجزيئات في سائل في درجة حرارة 25°C. الجزء المظلل يشير إلى تلك الجزيئات التي تملك الطاقة المطلوبة للتغلب على قوى التجاذب التي تبقي الجزيئات متماسكة في السّائل.

☑ **مراجعة الرّسم البياني صف** ما يحدث للجسيمات في الجزء المظلل من الرّسم البياني.

تدخل الجسيمات التي تفلت من السائل الحالة الغازية. بالنسبة للمادة التي تكون عادة سائلة في درجة حرارة الغرفة، تسمى الحالة الغازية لها البخار.. **التبخير** هو العملية التي يتم من خلالها تحوّل السائل إلى غاز أو بخار. إذا كانت إضافة الطاقة تدريجية، فإن الجزيئات تميل للهروب من سطح السائل. تذكر أن الجزيئات السطحية تنجذب لعدد أقلّ من الجزيئات الأخرى. عندما يحدث التبخير في سطح السائل فقط، تسمى هذه العملية **التبخّر**. حتى في درجات الحرارة المنخفضة، تكون لجزيئات الماء طاقة كافية للتبخر. تتحول المزيد من الجزيئات إلى الحالة الغازية مع ارتفاع درجة الحرارة.

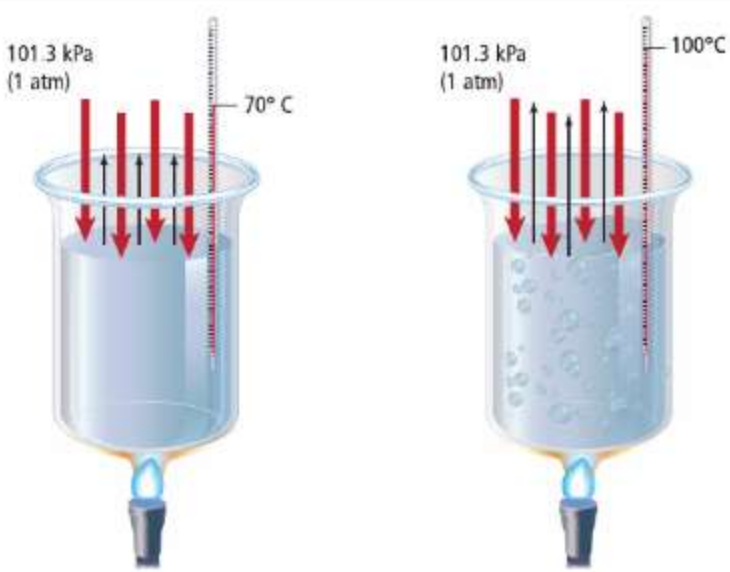
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 25** يحدث التبخر في الدورقين المغلق والمفتوح على حد سواء. في الدورق المفتوح، يمكن لجزيئات الماء المتبخرة الإفلات من الدورق . يتجمع بخار الماء فوق السائل في الدورق المغلق.

الشكل 25 يقارن التبخّر في دورق مفتوح بالتبخّر في دورق مغلق. إذا كان الماء في دورق مفتوح، فستتبخّر جميع الجزيئات في نهاية المطاف. يعتمد الزمن الذي تستغرقه لتتبخر على كمية الماء والطاقة المتاحة. يختلف الوضع في دورق مغلق مملوء جزئيًا. يتجمع بخار الماء فوق السائل ويمارس الضغط على سطحه. يسمّى الضغط الممارس من طرف البخار على سائل ما **ضغط البخار.**

الغليان تسمّى درجة الحرارة التي يتساوى فيها الضغط البخاري لسائل ما مع ضغط الغلاف الجوي أو الخارجي **درجة الغليان.** استخدم**الشكل 26** لمقارنة ما يحدث لسائل ما في درجات حرارة تحت درجة الغليان مع ما يحدث له في درجة غليانه. عند درجة الغليان، تكتسب الجزيئات في جميع السائل ما يكفي من الطاقة للتبخير. وتتجمع فقاعات من البخار تحت سطح السائل وترتفع إلى السطح.



■ **الشكل 26** تكتسب جزيئات الماء طاقة حركية بارتفاع درجة الحرارة. يرتفع ضغط البخار (الأسهم السوداء) ولكنه أقل من ضغط الغلاف الجوي (الأسهم الحمراء). يبلغ سائل درجة الغليان عندما يتساوى ضغط بخاره مع ضغط الغلاف الجوي. درجة غليان الماء عند مستوى سطح البحر هي 100°C.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 27** تشحن شرائح اللحم والمأكولات البحرية والمنتجات الغذائية الأخرى القابلة للفساد مع الثّلج الجاف في الحاوية لحفظ الغذاء باردا خلال الشحن.

فسّر لماذا يُفضَّل الثلج الجاف على الثّلج العادي في شحن شرائح اللحم والمواد الغذائية الأخرى.

التّسامي لدى العديد من المواد القدرة على التحوّل مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية. تذكّر أن التسامي هو العملية التي يتحوّل فيها الصلب مباشرة إلى الحالة الغازية دون أن يصبح سائلا في مرحلة سابقة. اليود الصلب وثاني أكسيد الكربون الصلب (الثلج الجاف) يتساميان في درجة حرارة الغرفة. يحافظ الثلج الجاف المبين في **الشكل 27**، على الأغراض التي يمكن أن تتضرر من الماء الناتج عن انصهار الثلج خلال عملية الشّحن. تتسامى كرات العث التي تحتوي على مركّبات النفثالين أو بارا ثنائي كلوروبنزين. كذلك، كما تفعل معطّرات الهواء الصّلبة.

تغيّرات الحالة التي تطلق الطاقة

هل سبق واستيقظت يوما في صباح بارد لترى الصقيع على نافذتك أو العشب مغطى بقطرات الماء؟ عندما تضع كوبًا من الماء المثلج على طاولة، هل تلاحظ وجود قطرات من الماء على السطح الخارجي للزجاج؟ هذه الظواهر هي أمثلة على تغيّرات الحالة التي تطلق طاقة في المناطق المحيطة بها.

التجمّد افترض أنك تضع الماء السائل في كأس في بيت الثلج (freezer) التجميد. تفقد الجزيئات الطاقة الحركية بفقد الحرارة من الماء وتنخفض سرعتها. وتصبح الجزيئات أقل حركة. عندما يتم فقد ما يكفي من الطاقة، تحافظ الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء على الجزيئات ثابتة أو مجمدة في مواقع محددة. التجمّد هو عكس الانصهار. **درجة التجمد** هي درجة الحرارة التي يتم فيها تحويل السائل إلى مادة صلبة بلورية.

التكثيف تنخفض سرعة جزيء بخار الماء عندما يفقد الطاقة. ومن المرجّح أن يشكّل جزيء بخار الماء روابط هيدروجينية مع جزيء ماء آخر. يطلق تشكيل روابط هيدروجينية طاقة حرارية ويشير إلى التغيّر من الحالة البخارية إلى الحالة السائلة. **والتكثيف** هو العملية التي يصبح من خلالها غاز أو بخار ما سائلا. التكثيف هو عكس التّبخير.

وتساهم عوامل مختلفة في التكثيف. ومع ذلك، فإن التكثيف ينطوي دائما على انتقال للطاقة الحرارية. على سبيل المثال، يمكن لجزيئات بخار الماء التي تلامس سطح بارد، مثل سطح كوب الماء المثلج ، أن تنقل الطاقة الحرارية منها إلى الزجاج البارد، مما يتسبب في التكثيف على السّطح الخارجي للكوب. يمكن أن تحدث عملية مشابهة أثناء الليل عندما يتكثف بخار الماء في الهواء ويتشكّل الندى على أوراق العشب أو على زجاج السيارات.

الربط مع علوم الأرض تتكوّن الأمطار والغيوم والضباب من التّكثف وذلك عندما يبرد الهواء، حين يرتفع أو يمر بأرض أو ماء أكثر برودة، ويتطلب تشكيلها عاملا ثانٍ، وهو الجسيمات المجهرية المعلّقة في الهواء المسمّاة نوى التكثيف. يمكن أن تكون جسيمات يتكثف عليها بخار الماء، مثل السخام والغبار، أو الهباء الجوي، كثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين. في بعض الحالات، يمكن للهواء الدافئ أن يستقر فوق الهواء البارد، وهو ما يسمى الانعكاس (الانقلاب) الحراري. يبيّن **الشكل 28** الضّباب العالق في الوادي الجبلي بسبب ذلك الانعكاس (الانقلاب).

التحقق من فهم النص **صف** تكثيف بخار الماء في الغلاف الجوي.

■ **الشكل 28** يصير الهواء في العادة أكثر برودة عند زيادة الارتفاع. يحدث انعكاس الحرارة عند انعكاس الظرف وعندما يصبح الهواء أدفأ في الارتفاعات الأعلى. يمكن أن يتسبب الانعكاس في احتجاز ضباب دخاني فوق المدن والضباب في وديان الجبال.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الترسب عندما يلامس بخار الماء زجاج نافذة باردة في فصل الشتاء، فإنه يشكل ترسّبا صلبًا على النّافذة يسمّى الصقيع. **الترسب** هو العملية التي تتحوّل من خلالها مادّة ما من غاز أو بخار إلى مادة صلبة دون أن تصبح سائلة في مرحلة سابقة. الترسب هو عكس التسامي. تتشكّل ندفات الثلج عندما يتحوّل بخار الماء المرتفع في الغلاف الجوي مباشرة إلى بلوّرات جليد صلبة. تتحرّر الطاقة عندما تتشكل البلورات.

مخطط الطور

هناك متغيران يندمجان للتّحكّم في طور المادة: درجة الحرارة والضغط. ويمكن أن يكون لهذه المتغيرات آثار عكسية على المادّة. على سبيل المثال، يسبب ارتفاع درجة الحرارة تبخّر المزيد من المادّة السائلة، بينما تسبب الزيادة في الضّغط تكثّف المزيد من البخار. **مخطط الطور** هو الرسم البياني للضّغط مقابل درجة الحرارة والذي يبيّن في أي طور توجد المادة في ظل اختلاف الظروف من درجة الحرارة والضغط.

الشكل 29 يبين مخطط الطور للماء. يمكنك استخدام هذا الرسم البياني لتوقّع حالة الماء في أي ظرف من ظروف الحرارة والضغط. لاحظ أن هناك ثلاث مناطق تمثل الحالات الصلبة والسائلة والبخارية للماء وثلاثة منحنيات تفصل المناطق عن بعضها البعض. على مستوى النقاط التي تقع على طول المنحنيات، يمكن لحالتين من حالات الماء التواجد معا. يبيّن المنحنى الأصفر القصير ظروف درجة الحرارة والضغط التي يمكن للماء الصلب وبخار الماء أن يتواجدا فيها معًا. يبيّن المنحنى الأزرق الطّويل ظروف درجة الحرارة والضغط التي يمكن للماء الصلب وبخار الماء أن يتواجدا فيها معًا. ويبين المنحنى الأحمر ظروف درجة الحرارة والضغط التي يمكن للماء الصلب وبخار الماء أن يتواجدا معا فيها.

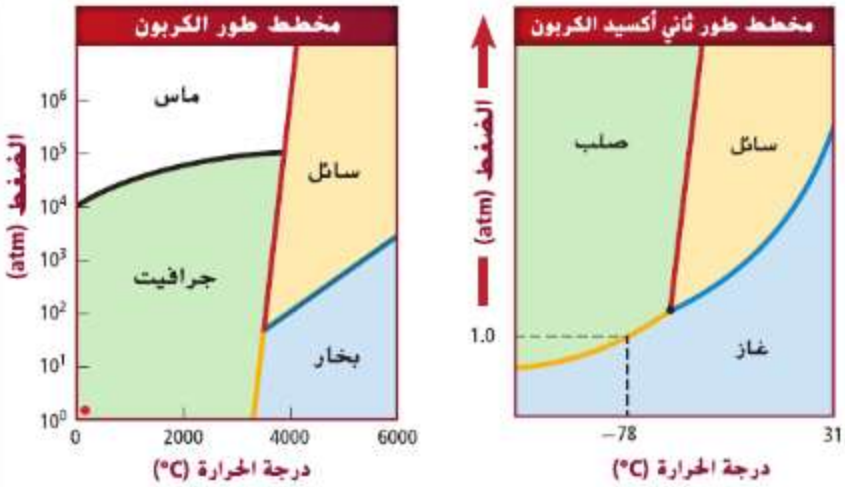
النقطة A على مخطط طور الماء— (النقطة التي تلتقي فيها المنحنيات الأصفر والأزرق، والأحمر) هي النقطة الثلاثية للماء. الـ **نقطة الثلاثية** هي النقطة على مخطط الطور التي تمثّل درجة الحرارة والضغط التي يمكن لحالات المادّة الثلاث التواجد فيها. يمكن أن تحدث كل تغيّرات الحالة الستة في النقطة الثلاثية: التجمّد والانصهار والتبخر والتكثيف والتسامي والترسب. وتسمى النقطة B النقطة الحرجة. تشير هذه النقطة إلى الضغط الحرج ودرجة الحرارة الحرجة، والتي لا يمكن للماء بعدها أن يكون في الحالة السائلة. إذا كان بخار الماء عند درجة الحرارة الحرجة، فإن الزيادة في الضغط لن تحوّل بخار الماء إلى سائل.

■ **الشكل 29** يبين مخطّط الطور هذا حالات الماء في درجات حرارة وضغوط مختلفة.

التحقق من فهم التمثيل البياني

حدد حالة الماء عند 2.00 atm و 100.00°C.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 30** يبين مخطط الطور معلومات مفيدة حول تسامي ثاني أكسيد الكربون في ظروف عادية ووجود نوعين من الكربون الصلب.

☑ التأكد من فهم التمثيل البياني

قارن الميل في الخط الأحمر في مخطط طور الماء مع ميل الخط الأحمر في مخطط طور ثاني أكسيد الكربون. كيف للماء وثاني أكسيد الكربون أن يختلفا في تفاعلهما مع ارتفاع الضغط عند المنحنى صلب/سائل؟

يختلف مخطط الطور لكل مادة لأن درجات الغليان والتجمد الطبيعية للمواد مختلفة. ومع ذلك، يُقدّم كل مخطط نفس النوع من البيانات للحالات، بما في ذلك النقطة الثلاثية. وبطبيعة الحال، فإن مدى درجات الحرارة المختارة سيختلف ليعكس الخصائص الفيزيائية للمادة.

يمكن أن تحتوي مخططات الطور على معلومات هامة عن المواد. على سبيل المثال، يبين مخطط الطور لثاني أكسيد الكربون في **الشكل 30** سبب تسامي ثاني أكسيد الكربون في ظروف عادية. ابحث عن 1.0 atm على الرسم البياني لثاني أكسيد الكربون واتبع الخط المتقطع إلى الخط الأصفر. ستجد من الرسم البياني أن ثاني أكسيد الكربون يتغيّر من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية عند ضغط 1atm. وفقا للرسم البياني، إذا مُددت الخط المتقطع متجاوزا الخط الأصفر، فإن ثاني أكسيد الكربون لا يسيل مع زيادة درجة الحرارة، بل يبقى غازًا.

الرسم البياني على اليسار هو مخطط الطور للكربون. لاحظ أن الرسم البياني يحتوي على نوعين من الكربون المتأصل في المنطقة الصلبة. الجرافيت هو الحالة القياسية للكربون في درجات الحرارة والضغوط العادية، وهو مميّز بنقطة حمراء. الماس أكثر استقرارا عند درجات حرارة وضغوط أكثر ارتفاعًا. الماس الموجود في الظروف العادية للغرفة قد تكوّن في الأصل في درجة حرارة وضغط مرتفعة.

القسم 4 مراجعة

مُلخّص القسم

- يشار إلى حالات المادة على أنها أطوار عندما تتواجد معا كأجزاء مميزة ماديا في خليط.
- تحدث تغيرات الطاقة خلال تغيّرات الحالة.
- تبين مخططات الطور كيفية تأثير درجات الحرارة والضغوط المختلفة على حالة المادة.

27. الفكرة **الرئيسة فسّر** كيف يمكن لإضافة أو إزالة الطاقة التسبب في تغير الحالة.
28. **فسر** الاختلاف بين عمليتي الانصهار والتجمّد.
29. **قارن** بين الترسب والتسامي.
30. **قارن وقابل** التسامي والتبخر.
31. **صف** المعلومات التي يوفّرها مخطط الطور.
32. **وضح** ما تمثّله النقطة الثلاثية والنقطة الحرجة على مخطط الطور.
33. **حدد** حالة الماء عند 75.00°C و 3.00 atm باستخدام **الشكل 29**.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الكيمياء في الحياة اليومية

كيمياء الكاكاو

الشوكولاته هي منتج غذائي موطنها الأصلي أمريكا الوسطى والمكسيك. قدّم حاكم الازتيك مونتيزوما شراب حبات الكاكاو المر لإرنان كورتيس سنة 1519. أخذ كورتيس حبوب الكاكاو ووصفة مشروب الشوكولاته إلى إسبانيا حيث أصبح مشروبا شائعا جدا ولكن مكلفا. ظلت الشوكولاته منتجا غذائيا للأثرياء حتى منتصف القرن التاسع عشرعندما أصبح سعر الشوكولاته معقولا وتحسنت تقنيات المعالجة. لا تشبه الشوكولاته المقدمة اليوم الشوكولاته المقدمة في بلاط مونتيزوما. فتقنيات معالجة الشوكولاته إلى جانب الإضافات أعطتها الحلاوة والسلاسة واللذة التي نستمتع بها اليوم.

تنصهر في فمك الشوكولاته هي مزيج من الكاكاو وزبدة الكاكاو وغيرها من المكونات. هذا الخليط هو مادة صلبة في درجة حرارة الغرفة ولكنه ينصهر في فمك. لماذا؟ لأن أحد المكونات الرئيسة في الشوكولاته هو زبدة الكاكاو وهو من الدهون التي تنصهر عند درجة حرارة الجسم.

حجم الجسيم تكون الشوكولاتة سائلة خلال عملية الخلط تغطي زبدة الكاكاو في الشوكولاته المنصهرة جسيمات الكاكاو والسكر والحليب الصلبة. لا يجب أن تكون الجسيمات الصلبة في الخليط كبيرة جدا وإلا فستكون الشوكولاته ذات نسيج رملي. عموما، يكون قطر الجسيمات يتراوح بين 2.0×10^{-5} لـ 3.0×10^{-5} m.

التحكم في الميوعة كما ترى في **الشكل 1**، تحتل مجموعة الجسيمات الصغيرة سطحا أكبر من سطح جسيم واحد بنفس الكتلة.

الشكل 1 رغم تساوي كتلة كل جسيم أو مجموعة الجسيمات فإن زيادة مساحة السطح تسمح لمزيد من زبدة الكاكاو بتغطية الجسيمات مما يحسن من ميوعة الشوكولاتة.

الشكل 2 تتم معالجة الشوكولاته بعناية بحيث تتشكل فيها البنية البلورية المناسبة. تعطي هذه البلورات الشوكولاته خصائصها الموجودة في أصابع الشوكولاتة الشائعة.

تحتاج الجسيمات الأصغر في الشوكولاتة إلى زبدة كاكاو أكثر لتغطية الاسطح الصلبة. يسمح الفائض من زبدة الكاكاو بين الجسيمات الصلبة للشوكولاتة بالانسياب.

نسيج سلس تكون الشوكولاتة أسمك من أن يكون بإمكانها التدفق في قالب إذا إحتوت على مقدار ضئيل من زبدة الكاكاو بين الجسيمات. يمكن للمصنعين إضافة الدّهون للخليط أو إضافة مستحلب مثل ليسيثين لتحسين ميوعة الشوكولاتة دون زيادة حجم الجسيمات. الليسيثين من الدهون وغالبا ما يتم الحصول عليه من فول الصويا وهو يساعد على ابقاء جزيئات الدهون معلّقة بالتساوي، أو مستحلبة في الشوكولاتة.

التبلور التعديل هو عملية هامة أخرى في تصنيع الشوكولاته. يتم خلال تعديل الشوكولاته، التحكم في درجة حرارتها بعناية لضمان تشكل البلورات المطلوبة. تتشكل بلورات عندما لا يتم تعديل الشوكولاته بشكل صحيح، مما يؤدي إلى إنتاجها بنوعية رديئة. تجعل البلورات المطلوبة الشكولاتة في **الشكل 2** لامعة و متماسكة، وسهلة الانكسار والانصهار في درجة حرارة الجسم.

الكتابة في الكيمياء

ابحث للحصول على مزيد من المعلومات حول صناعة الشوكولاتة وصمم خطا زمنيا لتلخيص التغييرات التي شهدتها عبر الزمن.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

قارن معدلات التبخر

الخلفية: هناك عدة عوامل تحدد مدى سرعة تبخر عيّنةِ مادة سائلة. حجم العينة هو عامل رئيسي. تستغرق قطرة الماء أقل زمنًا من الذي يأخذه لتر الماء. كمية الطاقة التي تُزوّد بها العينة هي عامل آخر.

سؤال: كيف تؤثر القوى البين جزيئية على معدلات تبخر السوائل؟

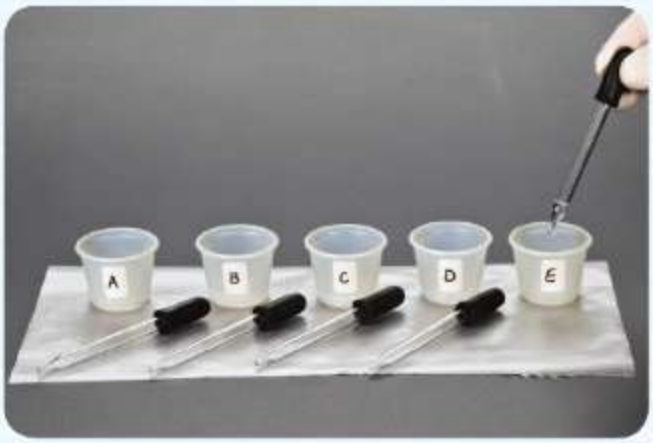
المواد

ماء مقطر
إيثانول
كحول الأيزوبروبيل
أسيتون
الأمونيا المنزلية
قطارات (5)
أكواب بلاستيكية صغيرة (5)
أقلام شمعية أو شريط اخفاء
شريط لاصق وقلم خطاط
منشفة ورقية
مربع ورق مشمع
ساعة وقف

إجراءات السلامة

الإجراء

1. حدّد احتياطات السلامة لنشاط المختبر قبل بدء العمل.
2. قم بإعداد جدول بيانات لتسجيل البيانات.
3. استخدم قلما شمعيا أو شريط اخفاء لتصنيف كل كوب بلاستيكي صغير. إستخدم A للماء المقطر وB للإيثانول وC كحول الأيزوبروبيل وD للأسيتون وE للأمونيا المنزلية. ضع الأكواب البلاستيكية فوق المنشفة الورقية
4. استخدم قطارة لإضافة حوالي 1 mL من الماء المقطر للكوب A. ضع القطارة على منشفة ورقية أمام الكأس مباشرة. كرر مع السوائل الأخرى
5. ضع مربعا من الورق المشمع على سطح الطاولة الخاصة بك. وقم بتحديد المواقع التي ستضع عليها كل من القطرات الخمس التي ستختبرها.
6. جهز ساعة الوقف الخاصة بك. ضع باستخدام القطارة الخاصة بالماء وضع قطرة واحدة على الورق المشمع. ابدأ التوقيت. كم من الزمن تستغرق القطرة لتتبخر تماما. أعد بينما تنتظر رسما للرؤية العلوية والجانبية للقطرة. إذا استغرقت القطرة أكثر من 5 دقائق سجل > 300 s في جدول بياناتك.
7. كرر الخطوة 6 مع السوائل الأربعة المتبقية.
8. استخدم الإجراء أعلاه لتصميم تجربة يمكنك من خلالها مراقبة تأثير درجة الحرارة على معدل تبخر الإيثانول. سيقوم أستاذك بتوفير عينة من الإيثانول الدافئ.



9. **التنظيف والتخلص** قم بتنظيف معدات المختبر كما أرشدك أستاذك.

تحليل واستنتاج

1. **صنف** أي السوائل تتبخر بسرعة؟ أي السوائل كانت بطيئة التبخر؟
2. **قيم** بناءا على بياناتك في أي من السوائل يحتمل أن تكون قوى الجذب بين الجزيئات قوى تشتت؟
3. **وضح** ما هي العلاقة بين التوتر السطحي وشكل قطرة السائل؟ ما هي قوى الجذب التي تزيد في التوتر السطحي؟
4. **قوّم** كان كحول الأيزوبروبيل الذي استخدمته خليطا من كحول الأيزوبروبيل والماء. هل من الأرجح أن يتبخر كحول الأيزوبروبيل بشكل أسرع أم أبطئ مقارنة مع خليط الكحول والماء؟ علل إجابتك.
5. **قيّم** الأمونيا المنزلية هي خليط من الأمونيا والماء. بناءا على البيانات التي جمعتها، هل يوجد أمونيا أكثر أم ماء أكثر في الخليط؟ أعط تفسيرًا.
6. **قيّم** كيف يقارن معدل تبخر الإيثانول الدافئ بالإيثانول الذي في درجة حرارة الغرفة؟
7. **خطأ تحليلي** كيف يمكنك تغيير الإجراء لجعل العملية أكثر دقة؟

توسيع نطاق الاستفسارات

صمم تجربة كيف يمكن لاختلاف مساحة السطح التأثير على نتائجك؟ صمم تجربة لاختبار فرضياتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 8 دليل الدراسة

الفكرة الرّئيسة تفسر نظرية الحركة الجزيئية الخصائص المختلفة للمواد الصلبة والسوائل والغازات.

القسم 1 الغازات

الفكرة **الرئيسة** تتمدد الغازات وتنتشر وتمارس الضغط ويمكن ضغطها لأن كثافتها منخفضة وتتكون من جسيمات صغيرة مستمرة الحركة.

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية خصائص الغازات من حيث الحجم والحركة وطاقة جسيماتها.
- يستعمل قانون دالتون للضغوط الجزئية لتحديد ضغط كل غاز في خليط الغازات.
- يستخدم قانون جراهام لمقارنة معدلات انتشار غازين.

$$\frac{\text{المعدل}_A}{\text{المعدل}_B} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية}_B}{\text{الكتلة المولية}_A}}$$

المُفردات

- نظرية الحركة الجزيئية
- تصادم مَرِن
- درجة حرارة
- الانتشار
- قانون جراهام للتدفق
- الضغط
- بارومتر
- باسكال
- الغلاف الجوي
- قانون دالتون للضغوط الجزئية

القسم 2 قوى التجاذب

الفكرة **الرئيسة** تحدد القوى البين جزيئية بما فيها قوى التشتّت والقوى ثنائية القطب والروابط الهيدروجينية حالة المادة في درجة حرارة معينة.

- قوى الترابط الجزيئية أقوى من القوى البين جزيئية.
- قوى التشتّت هي قوى بين جزيئية بين ثنائيات القطب المؤقتة.
- تظهر القوى ثنائية القطب بين الجزيئات القطبية.

المُفردات

- قوى التشتّت
- قوى ثنائية القطب
- رابطة هيدروجينية

القسم 3 المواد السائلة والصلبة

الفكرة **الرئيسة** للجسيمات في المواد الصلبة والسائلة مدى حركة محدود وهي ليست سهلة الانضغاط.

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية سلوك المواد الصلبة والسائلة.
- تؤثر القوى البين جزيئية في السوائل على اللزوجة والتوتر السطحي والتماسك والتلاصق.
- يمكن تصنيف المواد الصلبة البلورية حسب شكلها وتركيبها.

المُفردات

- اللزوجة
- التوتر السطحي
- خافض التوتر السطحي
- المواد الصلبة البلورية
- وحدة البلورة
- متآصل
- صلب غير متبلور

القسم 4 تغيرات الحالة

الفكرة **الرئيسة** تغير المادة من حالتها عندما تضاف أو تزال منها طاقة.

- يشار إلى حالات المادة على أنها أطوار عندما تتواجد كأجزاء مميزة ماديا في الخليط.
- تحدث تغييرات في الطاقة خلال تغير الحالة.
- تبين الرسوم البيانية كيف تؤثر درجات الحرارة والضغوط المختلفة على حالة المادة.

المُفردات

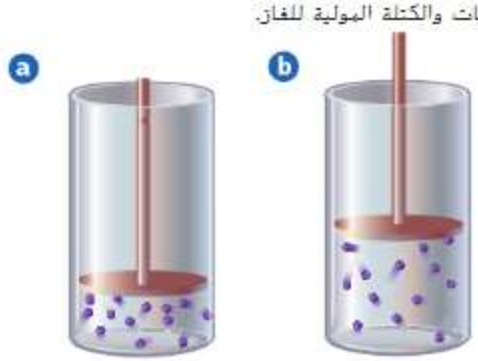
- درجة الانصهار
- التبخير
- التبخر
- ضغط البخار
- درجة الغليان
- درجة التجمد
- التكثيف
- الترسب
- مخطط الطور
- النقطة الثلاثية

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

إتقانُ المفاهيم

34. ما التصادم المرن؟
35. كيف تختلف الطاقة الحركية للجسيمات حسب اختلاف درجة الحرارة؟
36. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير انضغاط وتمدد الغازات.
37. عدّد الافتراضات الأساسية الثلاث لنظرية الحركة الجزيئية.
38. صف الخصائص المشتركة للغازات.
39. قارن الانتشار بالتدفّق. وضح العلاقة بين معدلات هذه العمليات والكتلة المولية للغاز.



■ الشكل 31

40. ما الذي يحدث لكثافة الغاز في الإسطوانة في **الشكل 31**، بتحرك المكبس من الوضعية a إلى الوضعية b؟
41. **الخُبْزُ** اشرح سبب اختلاف تعليمات الخبز على علبة من خليط الكعك في الارتفاعات العالية والمنخفضة. هل تتوقع أن يكون زمن طهيها أطول أم أقصر في ارتفاع عالٍ؟

إتقان حل المسائل

42. ما الكتلة المولية للغاز الذي يتدفق ثلاث مرات أبطأ من الهيليوم؟
43. ما نسبة معدلات تدفّق كل من الكربيتون والنيون في نفس درجة الحرارة والضغط؟
44. احسب الكتلة المولية للغاز الذي ينتشر ثلاث مرات أسرع من الأكسجين في ظروف مماثلة.
45. ما هو الضغط الجزئي لبخار الماء في عيّنة من الهواء عندما يكون الضغط الكلي 1.00 atm، والضغط الجزئي للنيتروجين هو 0.79 atm، والضغط الجزئي للأكسجين هو 0.20 atm، والضغط الجزئي لجميع الغازات الأخرى في الهواء 0.0044 atm؟
46. ما مجموع ضغط الغاز في قارورة مغلقة تحتوي على الأكسجين في ضغط جزئي يقدّر بـ 0.41 atm وبخار الماء بضغط جزئي يقدّر بـ 0.58 atm؟
47. **تسلّقُ الجبال** يكون الضغط على قمة أعلى جبل في العالم، قمة جبل ايفرست، عادة حوالي 33.6 kPa. حوّل الضغط إلى atm. كيف يمكن مقارنة هذا الضغط بالضغط عند مستوى سطح البحر؟
48. **الارتفاع العالي** ضغط الغلاف الجوي في جبل جيس، في دولة الإمارات العربية المتحدة، هو عادة حوالي 80.5 kPa. ما قيمة هذا الضغط بوحدات الـ atm و torr؟
49. يكون الضغط في محيط بقدرعمقه بـ 76.2 m حوالي 8.4 atm. حوّل الضغط إلى وحدات mmHg و kPa.

■ الشكل 32

50. **الشكل 32** يمثّل تجربة ملئ فيها الدورق الموجود على اليسار بغاز الكلور وذلك الذي على اليمين بغاز النيتروجين. صف ما يحدث عند فتح المحبس. افترض أن درجة حرارة النظام ثابتة أثناء التجربة.

القسم 2

إتقانُ المفاهيم

51. اشرح الفرق بين ثنائي القطب المؤقت وثنائي القطب الدائم.
52. لماذا تكون قوى التشتّت أضعف من القوى ثنائية القطب؟
53. فسر لماذا تكون الروابط الهيدروجينية أقوى من معظم القوى ثنائية القطب.
54. قارن بين قوى الترابط الجزيئية والقوى البين جزيئية.
55. فسر لماذا تتجاذب الجزيئات الطويلة غير القطبية مع بعضها البعض بقوة أكبر مقارنة بالجزيئات غير القطبية الكروية ذات التركيب المتشابه؟

إتقان حل المسائل

56. **الجزيئات القطبية** استخدم الفرق في السالبية الكهربائية لتحديد الأقطاب الموجبة والسالبة في كل من الجزيئات التالية :

a. HF b. HBr c. NO d. CO

57. ارسم شكلاً تبين فيه التجاذب بين ثنائي القطب بين جزيئين لأول أكسيد الكربون.
58. قرر أي من المواد المذكورة يمكن أن تشكل روابط هيدروجينية.

a. H_2O b. H_2O_2 c. HF d. NH_3

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

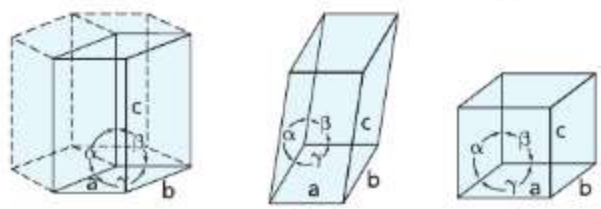
59. قرر أي من المواد المدرجة أدناه يمكن أن تشكل روابط هيدروجينية، ثم ارسمها مظهرا عدة جزيئات متماسكة معا بواسطة روابط هيدروجينية.

a. NaCl b. $MgCl_2$ d. CO_2 c. H_2O_2

القسم 3

إتقانُ المفاهيم

60. ما التوتر السطحي، ما هي الظروف اللازمة لحدوثه؟
61. فسر لماذا يكون سطح الماء في المخبار المدرج منحني.
62. أي سائل أكثر لزوجة في درجة حرارة الغرفة، الماء أم العسل الأسود؟ فسر إجابتك.
63. اشرح كيف تلعب قوّتان مختلفتان دورا في الخاصية الشعرية.



$a = b \neq c$
$\alpha = \beta = 90°, \gamma = 120°$
خسداسي

$a \neq b \neq c$
$\alpha = \gamma = 90° \neq \beta$
خأحادي الميل

$a = b = c$
$\alpha = \beta = \gamma = 90°$
مكعب

■ الشكل 33

64. استخدم الرسوم في **الشكل 33** لمقارنة الأنظمة البلورية المكعّبة وأحادية الميل والسداسية.
65. ما الفرق بين الصّلب الشّبكي والصلب الأيوني؟
66. فسر لماذا تنثني معظم الفلزات عند طرقها بينما تتهشّم معظم المواد الصلبة الأيونية.
67. عدّد أنواع المواد الصلبة البلورية التي تكون عادة موصلات جيدة للحرارة والكهرباء.
68. كيف يمكن لشدّة القوى البين جزيئية في السائل التأثير على اللزوجة؟
69. فسر لماذا يكون التوتر السطحي للماء أعلى من البنزين، الذي له جزيئات غير قطبية.
70. ما عدد أعداد الجسيمات التي تكوّن الأشكال الأساسية لكل وحدة بلورة في كل من الآتي.
   a. مكعّب بسيط
   b. مكعّب مركزي الجسم
71. توقع أي صلب أكثر احتمالا لأن يكون غير متبلور— ذلك المتشكّل عن طريق تبريد المواد المنصهرة لمدّة أكثر من 4 ساعات في درجة حرارة الغرفة أو ذلك المتشكّل عن طريق تبريد المواد المنصهرة بسرعة في حمام ثلجي.
72. **الموصلية** توقّع أي مادّة صلبة يوصل مصهورها التيار الكهربائي— السّكر أم الملح.
73. فسر لماذا يطفو الثلج على الماء بينما يغوص البنزين الصلب في البنزين السائل. أي سلوك هو الطبيعي أكثر؟

إتقان حل المسائل

74. توقّع شكل كل من البلورات التالية حسب أطوال الحواف وزوايا الأسطح مستعينًا بالجدول 4.
   a. $a = 3$ nm, $b = 3$ nm, $c = 3$ nm; $\alpha = 90°$, $\beta° = 90$, $\gamma = 90°$
   b. $a = 4$ nm, $b = 3$ nm, $c = 5$ nm; $\alpha = 90°$, $\beta° = 100$, $\gamma = 90°$
   c. $a = 3$ nm, $b = 3$ nm, $c = 5$nm; $\alpha = 90°$, $\beta° = 90$, $\gamma = 90°$
   d. $a = 3$ nm, $b = 3$ nm, $c = 5$ nm; $\alpha = 90°$, $\beta° = 90$, $\gamma = 120°$

القسم 4

إتقانُ المفاهيم

75. كيف يختلف التسامي عن الترسب؟
76. قارن بين الغليان والتبخر.
77. عرّف درجة الانصهار.
78. اشرح العلاقات بين ضغط البخار وضغط الغلاف الجوّي ودرجة الغليان.
79. فسّر لماذا يتشكّل الندى في الصباح البارد.
80. **الثّلج** لماذا تتقلّص كومة الثلج ببطء حتى في الأيام التي لا ترتفع فيها درجة الحرارة فوق درجة تجمّد الماء؟

إتقان حل المسائل

■ الشكل 34

81. انسخ الشكل 34 وبين عليه منطقة الصلب والسائل والغاز ، النقطة الثلاثية، والنقطة الحرجة.
82. لماذا يتطلّب غلي 10 g من الماء السائل طاقة أكثر من صهر كتلة معادلة لها من الجليد؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مراجعة عامة

83. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسر سبب ميوعة الغازات والسوائل.

84. استخدم القوى البين جزيئية لتفسر لماذا يكون الأكسجين غازا في درجة حرارة الغرفة، بينما الماء سائلا.

85. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسر لماذا تكون الغازات أسهل انضغاطا من السوائل أو المواد الصلبة.

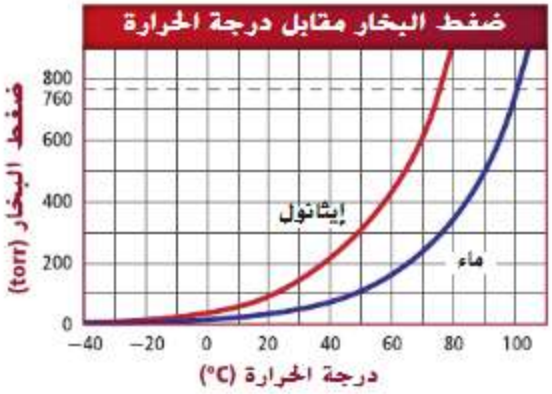
86. تكون كثافة الزئبق في درجة حرارة 25°C وضغط 760 mmHg، مساوية لـ 13.5 g/mL؛ وللماء في نفس درجة الحرارة والضغط كثافة 1.00 g/mL. فسر هذا الفرق من حيث القوى البين جزيئية ونظرية الحركة الجزيئية.

87. إذا احتوت حاويتان متطابقتان نفس الغاز في نفس درجة الحرارة وكان الضغط في إحدى الحاويتين هو بالضبط ضعف ذلك الذي في الحاوية الأخرى، ماالذي يجب أن يكون صحيحا بشأن كمية الغاز داخل كل حاوية؟

88. اذكر ثلاث أنواع من القوى البين جزيئية.

89. عندما تذوب بلورات السكر الصلبة في كوب من الماء، فإنها تشكّل محلولا متجانسا صاف تكون فيه البلورات غير مرئية. إذا تُرك الكأس في درجة حرارة الغرفة لبضعة أيام، تعود البلورات الى الظهور في أسفل الكأس، وعلى جانبي الزجاج. هل هذا مثال على التجمّد؟

التفكير الناقد



■ الشكل 35

90. **حلل الرّسوم البيانية** افحص **الشكل 35**، الذي يُظهر ضغط البخار مقابل درجة الحرارة للماء والإيثانول.
a. ما درجة غليان الماء عند 1 atm؟
b. ما درجة غليان الإيثانول عند 1 atm؟
c. قدّر درجة الحرارة التي سيغلي فيها الماءعندما يكون ضغط الغلاف الجوي 0.80 atm.

91. **افترض** ما هو نوع المادّة الصلبة البلورية التي تتوقع أن تناسب الإحتياجات التالية؟
a. مادّة يمكن صهرها وإعادة تشكيلها في درجة حرارة منخفضة
b. مادة يمكن سحبها إلى أسلاك طويلة ورقيقة
c. مادّة موصلة للكهرباء عند صهرها
d. مادّة صلبة جدًا وغير موصلة

92. **قارن وقابل** يستخدم جهاز ضغط الهواء الطاقة لضغط جزيئات الهواء معا. عندما يتم اطلاق الهواء، فإنه يتمدد، ويسمح باستخدام الطاقة الناتجة لأغراض مثل تنظيف الأسطح بلطف دون استخدام مواد سائلة أو صلبة أكثر خشونة. تستخدم الأجهزة الهيدروليكية السوائل المضغوطة لنقل ومضاعفة القوة. ماهي بعض مزايا ومساوئ هذين النوعين من التقنية حسب رأيك؟

93. **رسم بياني** استخدم **الجدول 6** لبناء مخطط الطور للأمونيا.

الجدول 6 مخطط الطور للأمونيا

النقاط المحدّدة	الضغط (atm)	درجة الحرارة (°C)
النقطة الثلاثية	0.060	−77.7
النقطة الحرجة	112	132.2
درجة الغليان الاعتيادية	1.0	−33.5
درجة التجمد الاعتيادية	1.0	−77.7

94. **طبّق** تبقى المادّة الصلبة عند التسخين في درجة حرارة ثابتة حتى تنصهر جميعها. ماذا يحدث للطاقة الحرارية المضافة خلال تلك الفترة؟

95. **تَواصَل** ماهي العملية— التدفّق أم الانتشار— المسؤولة عن قدرتك على شم رائحة العطر الصادرة من زجاجة مفتوحة موجودة في الطرف الآخر من موقعك في الغرفة؟ فسر إجابتك.

96. **استنتج** ينطوي العرض التوضيحي في المختبر على وضع بخار البروم، ذو اللون الأحمر القاتم، في كأس من الهواء ثم غلق الجزء العلوي منه بإحكام. يُلاحظ أولا أن البروم يرسب في قعر الكأس. بعد مرور عدة ساعات، يتوزّع اللون الأحمر بالتساوي في جميع أنحاء الكأس.
a. هل غاز البروم أكثر أم أقل كثافة من الهواء؟
b. هل ينتشر البروم السائل بسرعة أكثر أم أقل من البروم الغازي بعد وضعك إيّاه في سائل آخر؟

97. **حلل** استخدم معرفتك حول القوى البين جزيئية لتتوقع ما إذا كانت الأمونيا (NH_3) أم الميثان (CH_4) اكثر ذوبانا في الماء.

98. **قيّم** عدّد ثلاثة تغيرات تتطلّب طاقة وثلاثة تطلقها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

99. **قيم** ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج هو حالة سائلة لـ CO_2 المستعمل في صناعة المواد الغذائية لإزالة الكافيين من الشّاي والقهوة والكولا بالإضافة إلى صناعة الأدوية لتشكيل الجسيمات المجهرية للبوليمر المستعمل في أنظمة توصيل الدّواء. استعمل **الشكل 36** لتحديد الظروف اللازمة لتشكّل ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج.

■ **الشكل 36**

مسألة تحدي

100. لديك محلول يحتوي على 135.2 g من KBr مذابة في 2.3 L من الماء. كم يلزمك من حجم هذا المحلول بال mL لتحضير محلول KBr حجمه 1.5 L وتركيزه 0.10M ؟ ما درجة الغليان لهذا المحلول الجديد؟

مراجعة تراكمية

101. حدّد ما إذا كان ما يلي عنصرا أم مركبا، خليطا متجانسا، أم خليطا غير متجانس.

a. الهواء	d. الأمونيا
b. الدم	e. الخردل
c. الأنتيمون	f. الماء

102. تم إعطاؤك محلولين صافيين، عديما اللون، مائيين. قيل لك أن أحدهما يحتوي على مركب أيوني، والآخر يحتوي على مركب تساهمي. كيف يمكن لك تحديد أي المحلولين أيوني وأيهما تساهمي؟

103. أي فرع من الكيمياء يدرس المادة وتغيّر أطوارها على الأرجح؟

a. الكيمياء الحيوية	c. الكيمياء الفيزيائية
b. الكيمياء العضوية	d. كيمياء البوليمرات

104. ماهو نوع التفاعل التالي:

$$K_2CO_3(aq) + BaCl_2(aq) \rightarrow 2KCl(aq) + BaCO_3(s)$$

a. الاحتراق	c. استبدال أحادي
b. استبدال ثنائي	d. اتحاد

105. من هو الكيميائي الذي أنتج أول جدول دوري متّفق عليه وكان الأكثر استعمالا؟

a. ديميتري مندلييف	c. جون نيولاندز
b. هنري موزلي	d. لوثر ماير

الكتابة في ◀الكيمياء

106. **المسك** هو المكون الرئيسي لكثير من العطور والصّابون والشامبو وحتى الأغذية مثل الشوكولاتة وحلوى العرقسوس والحلوى الصّلبة. لكل من جزيئات المسك الاصطناعية والطبيعية أوزان جزيئية عالية مقارنة بمكونات العطور الأخرى، ونتيجة لذلك، فإن لديها معدل انتشار أبطأ يضمن إفرازا بطيئا مستمرا للعطر. اكتب تقريرا عن كيمياء مكونات العطور، مؤكدا على أهمية معدل الانتشار كخاصية لها.

107. **الأحجار الكريمة** اختر أحد الأحجار الكريمة واكتب تقريرا موجزا حول كيمياء ذلك الحجر الكريم. تعرّف على تركيبه الكيميائي، وفي أي فئة تندرج وحدة البلورة الخاصة به ومدى صلابته ومتانته، وتكلفته التقريبية في الوقت الحاضر.

108. **غاز البروبان** هو وقود يستخدم للشوّايات الغازية والمنازل. ومع ذلك، لا يتم تعبئته كغاز. بل يتم اسالته، ويشار إليه بالبروبان السائل أو "غاز نفطي مسال". اصنع ملصقا يشرح مزايا وعيوب تخزين ونقل البروبان في الحالة السائلة بدلًا من الغازية.

109. **حالات المادّة الأخرى** ابحث واعدّ عرضًا شفويا حول أحد المواضيع التالية: البلازما، المواد الفائقة الميوعة، تكثيف فرميوني، أو تكثيف بوز–آينشتاين. واعرض موضوعك على زملائك وأعدّ مساعدات بصرية يمكن استخدامها لشرح الموضوع الذي اخترته.

DBQ أسئلة تعتمد على المراجع

اليود يتسامى اليود الصلب الموضوع في درجة حرارة الغرفة من من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية. ولكن تحدث عملية مختلفة بدل ذلك عند تسخينه بسرعة، ويمكن توضيحه كالتالي:

"يتم وضع حوالي 1 g من بلورات اليود في أنبوب زجاجي محكم الغلق ويسخّن برفق على طبق ساخن. تتشكل طبقة من الغاز البنفسجي في القمر، ويسيل اليود. إذا تم إزالة الأنبوب، يتدفق هذا السائل على طول الجدار في شكل تيار ضيق ويتصلب بسرعة كبيرة ".

جلبت البيانات من: Leenson, 2005. تسامي اليود في ضغوط مختلفة، تجارب متعددة الأغراض في الكيمياء غير العضوية والفيزيائية. *Journal of Chemical Education* 82(2):241-245.

110. لماذا يتسامى اليود الصلب بسهولة؟ استخدم معرفتك حول القوى البين جزيئية للتفسير.

111. لماذا يكون اليود السائل غير مرئي عادةً إذا تم تسخين البلورات في الهواء الطلق؟

112. لماذا يكون من الضروري استخدام أنبوب مغلق بإحكام في هذا التحقيق؟

113. استنتج سبب تصلب اليود عند إزالة الأنبوب.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الاختيار من متعدد

1. ماهي نسبة انتشار أول أكسيد النيتروجين (NO) إلى رابع أكسيد ثنائي النيتروجين (N_2O_4)؟

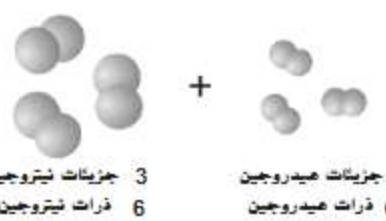
A. 0.326
B. 0.571
C. 1.751
D. 3.066

2. أي العبارات التالية ليست اقتراضا لنظرية الحركة الجزيئية؟
A. يكون التصادم بين جسيمات الغاز مرنا.
B. لكل جسيمات الغاز في عينة ما نفس السرعة.
C. لا تتجاذب أو تتنافر جسيمات الغاز مع بعض.
D. لكل الغازات في درجة حرارة معينة نفس متوسط الطاقة الحركية.

3. وعاء مغلق يحتوي خليط من غازات النيون والأرجون والكريبتون. إذا كان الضغط الكلي في الوعاء هو 3.782atm، والضغط الجزئي للـ Ne هو 0.435atm. والضغط الجزئي للـ Kr هو 1.613atm. ماهو الضغط الجزئي لـ Ar؟

A. 2.048atm
B. 1.734atm
C. 1556atm
D. 1318atm

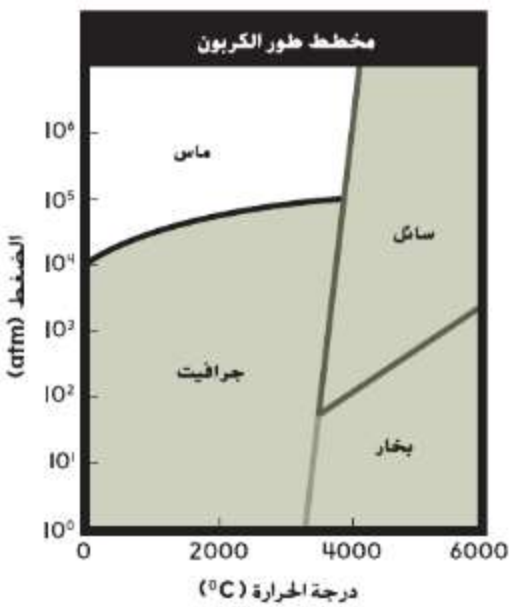
استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 4



4. يتفاعل الهيدروجين والنيتروجين كما هو مبين لتكوين الأمونيا (NH_3). أي العبارات التالية صحيحة فيما يتعلق بهذا التفاعل؟
A. تكوّنت ثلاث جزيئات أمونيا ولم يتبقى أي جزيء.
B. تكوّن جزيئي أمونيا وبقي جزيئا هيدروجين.
C. تكوّن ست جزيئات أمونيا ولم يتبقى أي جزيء.
D. تكوّن جزيئي أمونيا وبقي جزيئا نيتروجين.

5. مالذي لا يؤثر في لزوجة السّائل؟
A. قوى التجاذب البين جزيئية.
B. حجم وشكل الجزيئات.
C. درجة حرارة السائل.
D. الخاصية الشعرية.

استخدم الرسم أدناه للإجابة عن الأسئلة من 6 إلى 8



6. في أي ظروف يرجّح للماس أن يتكوّن؟
A. درجات حرارة < 5000 C° وضغوط > 100atm
B. درجات حرارة < 6000 C° وضغوط > 25atm
C. درجات حرارة < 3500 C° وضغوط < 105atm
D. درجات حرارة < 4500 C° وضغوط < 10atm

7. جد في الرسم البياني النقطة التي يتواجد فيها الكربون في ثلاث حالات: الجرافيت الصلب، والماس الصلب، والكربون السّائل. درجة الحرارة التقريبية والضغط التقريبي في هذه النقطة؟
A. 4700°C و 10^6 atm
B. 3000°C و 10^3 atm
C. 4000°C و 10^5 atm
D. 3500°C و 80 atm

8. ما الحالة التي يتواجد عليها الكربون عند 6000 °C و 10^5atm
A. الماس فقط.
B. الكربون السّائل فقط.
C. الماس والكربون السّائل.
D. الكربون السّائل والجرافيت.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابات قصيرة

استخدم الشكل أدناه للإجابة على السؤالين 9 و 10.

خصائص الرابطة الأحادية		
الرابطة	طاقة الرابطة (kJ/mol)	الطول (mp)
H - H	435	74
Br - Br	192	228
C - C	347	154
C - H	393	104
C - N	305	147
C - O	356	143
Cl - Cl	243	199
I - I	151	267
S - S	259	208

9. أعدّ رسما بيانيا لتبيّن كيف يتغير طول الرابطة مع طاقة الرابطة. ضع طاقة الرابطة على المحور.

10. لخّص العلاقة بين طول الرابطة وقوتها (طاقتها).

اسئلة ذات إجابات طويلة

استخدم الجدول أدناه للإجابة على السؤال 11.

الشكل الهندسي الـ $AlCl_3$ و PCl_3		
مركب	$AlCl_3$	PCl_3
الشكل الجزيئي		

11. ما أسماء أشكال الجزيئات لكل مركب؟ اشرح كيف يؤدي ترتيب الذرات في كل مركب عن أشكال مختلفة على الرغم من صيغها المتشابهة.

اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة: الكيمياء

12. عند إذابة كرومات البوتاسيوم وأسيتات الرصاص (II) في كأس من الماء حيث يتفاعلان ليك ونا كرومات الرصاص (II). ما هي المعادلة الأيونية الصّرفة الموزونة التي تصف هذا ال تفاعل؟

A. $Pb^{2+}(aq)+C_2H_3O_2^{-}(aq)\rightarrow Pb(C_2H_3O_2)_2(s)$
B. $Pb^{2+}(aq)+2CrO_4^{-}(aq)\rightarrow Pb(CrO_4)_2(s)$
C. $Pb^{2+}(aq)+2CrO_4^{2-}(aq)\rightarrow PbCrO_4(s)$
D. $Pb^{+}(aq)+C_2H_3O_2^{-}(aq)\rightarrow PbC_2H_3O_2(s)$
E. $Pb^{2+}(aq)+CrO_4^{-}(aq)\rightarrow PbCrO_5(s)$

13. المركب الصلب له شكل وحجم محدّدان لأن جسيماته.

A. ليست في حركة مستمرّة.
B. دائما أكثر تراصّا في الحالة السّائلة.
C. بإمكانها الإهتزاز حول النّقاط الثّابتة فقط.
D. متماسكة بواسطة قوى تراصّ جزيئية قوية.
E. ليس لها قوى بين جزيئية.

استخدم الجدول أدناه للإجابة على السؤالين 14 و 15.

خصائص حمض الكبريتيك	
الصيغة الكيميائية	H_2SO_4
الكتلة المولية (molar mass)	98.08g/mol
الكثافة	1.834g/mL

14. ما كتلة 75.0mL من حمض الكبريتيك؟

A. 40.9g
B. 138g
C. 98.08g
D. 180g
E. 198.4g

15. ما عدد ذرّات الأكسجين الموجودة في 2.4mol من حمض الكبريتيك؟

A. 940 ذرّة.
B. 230 ذرّة.
C. 1.5×10^{24} ذرّة
D. 5.8×10^{24} ذرّة
E. 6.02×10^{23} ذرّة

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 9

الغازات

الفكرة **الرئيسة** تستجيب الغازات بطرائق متوقعة للتغيرات في الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات.

الأقسام

1 قوانين الغازات

2 قانون الغاز المثالي

3 الحسابات الكيميائية للغازات

التجربة الاستهلالية

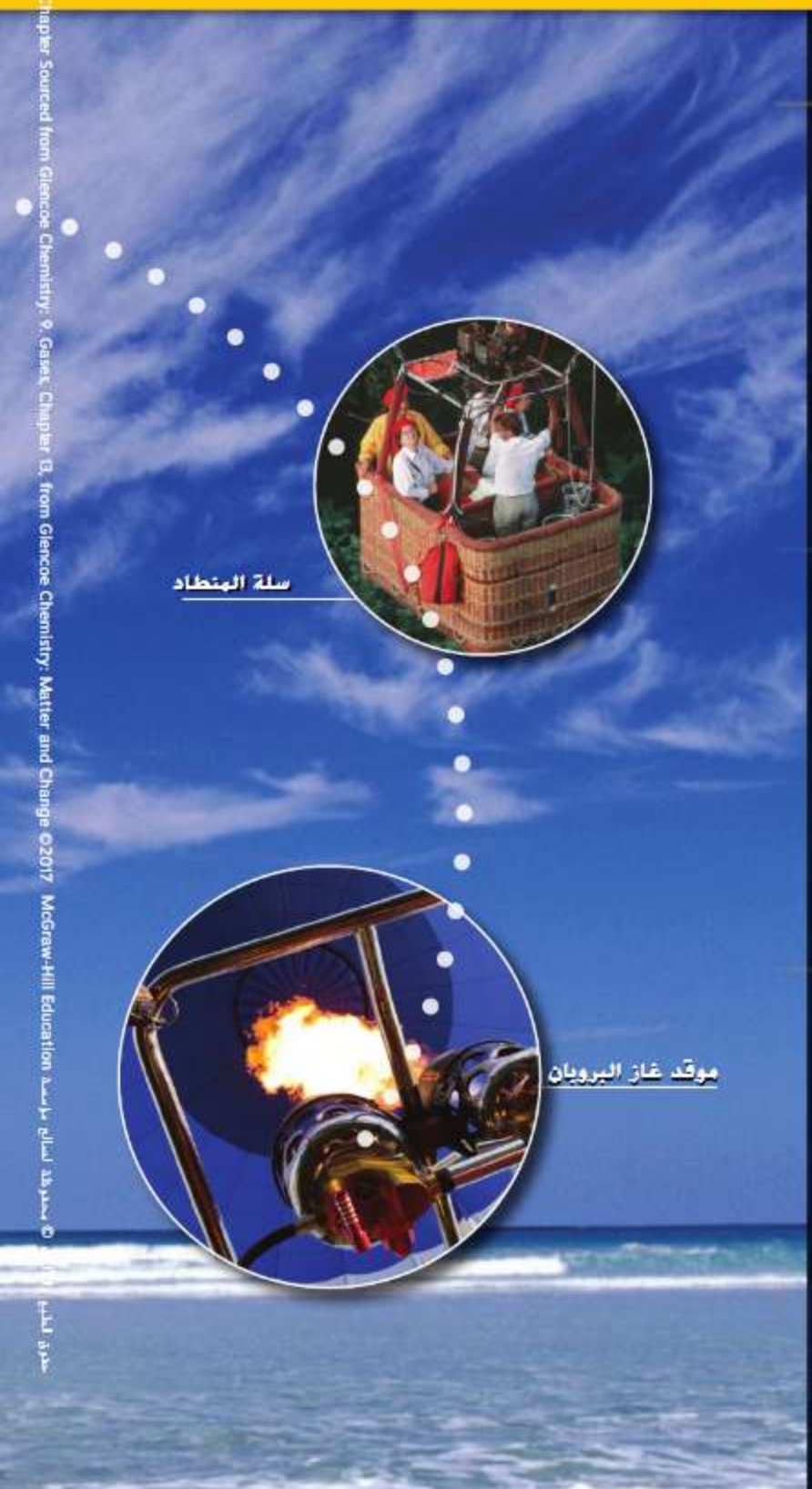
كيف تؤثر درجة الحرارة على حجم الغاز؟

في منطاد الهواء الساخن، تعمل المواقد على رفع درجة حرارة الهواء داخل المنطاد لإبقاء المنطاد محلقًا في الجو. وفي هذا المختبر، ستختبر كيف تؤثر التغيرات في درجة الحرارة على حجم المنطاد.

مطوياتي منظم الدراسة

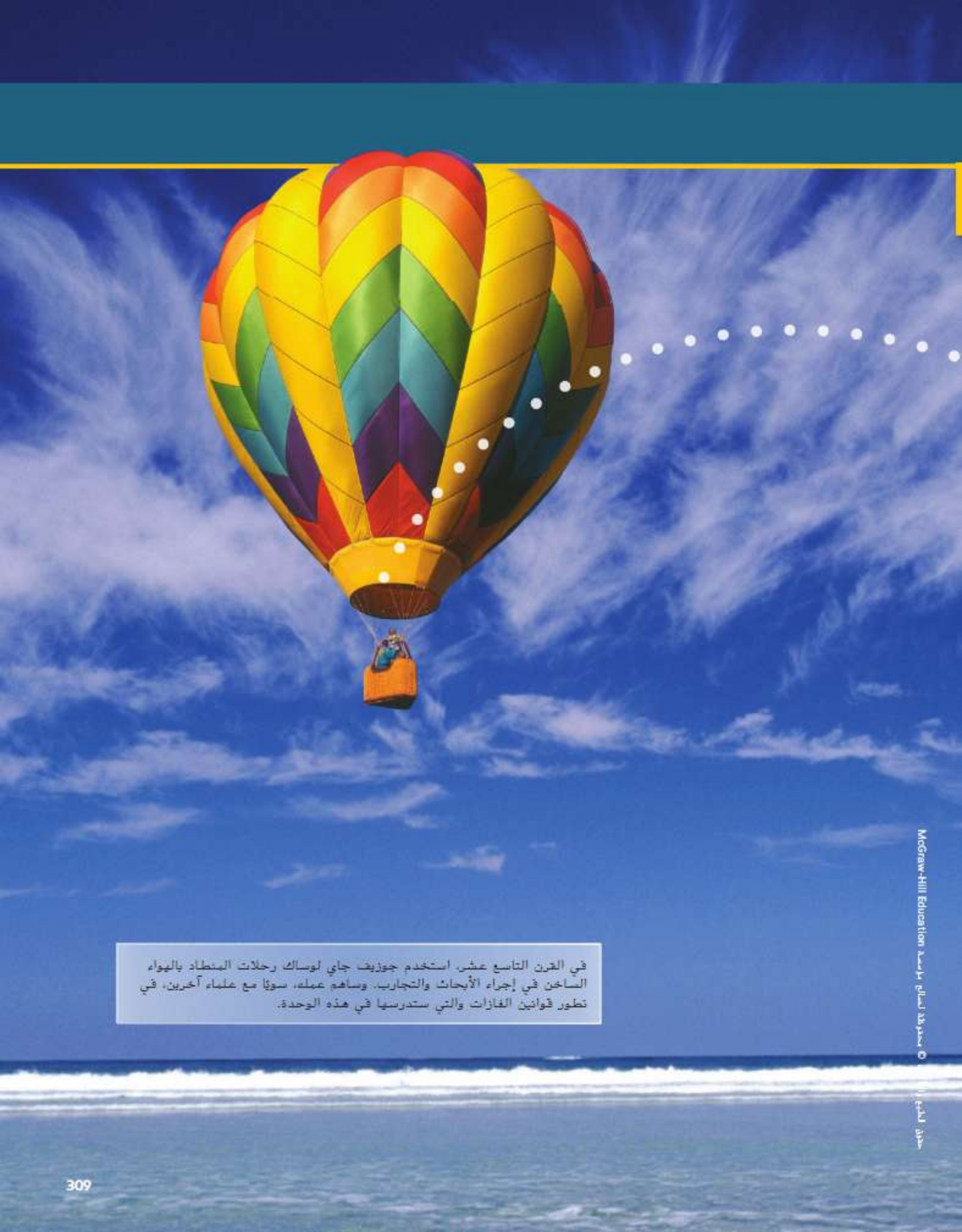
قوانين الغازات

قم بعمل مطويات، وسمّها باسم قوانين الغازات. لخّص ملاحظاتك على كل تبويب.



Chapter Sourced from Glencoe Chemistry: 9, Gases; Chapter 13, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع © محفوظة لصالح ماسة



في القرن التاسع عشر، استخدم جوزيف جاي لوساك رحلات المنطاد بالهواء الساخن في إجراء الأبحاث والتجارب. وساهم عمله، سويًا مع علماء آخرين، في تطور قوانين الغازات والتي ستدرسها في هذه الوحدة.

حقوق الطبع © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

قوانين الغازات

الفكرة الرئيسة بالنسبة لمقدار ثابت من الغاز يؤثر التغير في متغير واحد—سواء كان الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم، على المتغيرين الآخرين.

الأسئلة الرئيسة

- ما العلاقات بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار ثابت من الغاز؟
- كيف يمكنك استخدام قوانين الغازات في حل المسائل المشتملة على الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار ثابت من الغاز؟

مراجعة المفردات

القانون العلمي scientific law: يصف العلاقة القائمة في الطبيعة والتي تدعمها الكثير من التجارب

المفردات الجديدة

قانون بويل	Boyle's law
الصفر المطلق	absolute zero
قانون شارل	Charles's law
قانون جاي لوساك	Gay-Lussac's law
القانون العام للغازات	combined gas law

الكيمياء في حياتك

ما الذي يمكن أن يحدث للغاز في بالون إذا خفضت حجمه عن طريق ضغط البالون؟ سوف تشعر بزيادة المقاومة كلما ضغطت البالون وربما تلحظ بروز جزء من البالون.

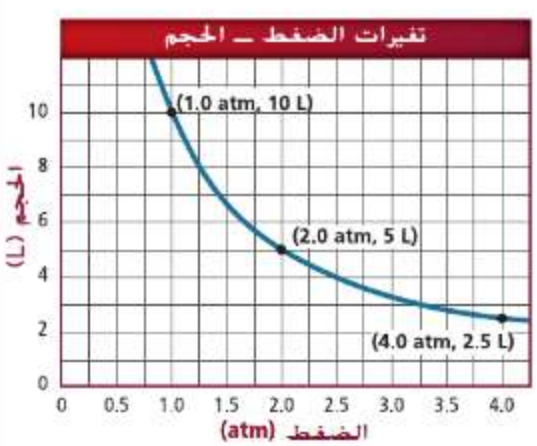
قانون بويل

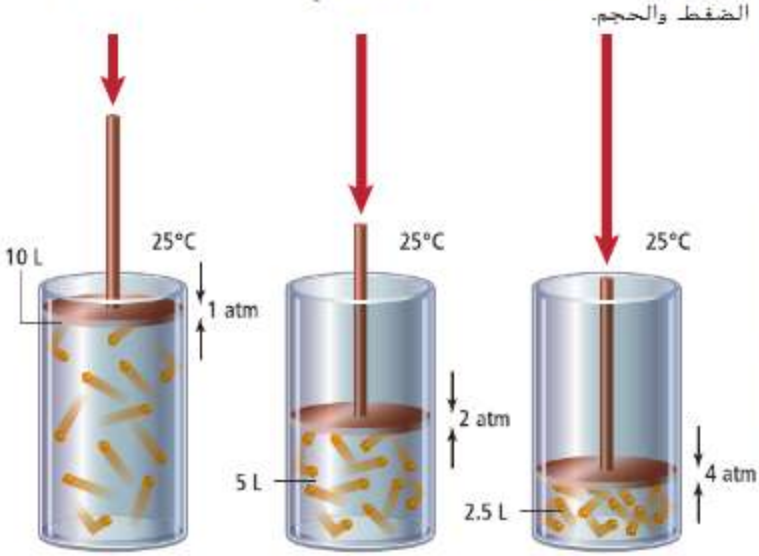
وكما يوضح المثال على البالون، فإن ضغط الغاز على علاقة بحجمه. روبرت بويل (1627–1691)، كيمياني من أصل أيرلندي وصف هذه العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه.

ما هي العلاقة بين الضغط والحجم؟ صمم بويل تجارب مثل التجربة الموضّحة في **الشكل 1**. وأوضح بويل أنه في حالة ثبات درجة حرارة الغاز وكميته، فإن مضاعفة الضغط الواقع على الغاز يقلل من حجمه الى النصف. من ناحية أخرى، خفض الضغط الواقع على الغاز الى النصف يضاعف من حجم الغاز. العلاقة التي يزداد فيها متغير واحد نسبيًا في الوقت الذي ينخفض فيها المتغير الآخر تعرف باسم علاقة التناسب العكسي.

قانون بويل ينص على أن حجم مقدار محدد من الغاز في درجة حرارة ثابتة يتناسب عكسيًا مع الضغط. انظر إلى الرسم البياني في **الشكل 1** حيث مخطط العلاقة العكسية بين حجم الغاز والضغط. ينتج عن تخطيط علاقة التناسب العكسي رسم منحنى يتجه إلى أسفل.

الشكل 1 حيث أن الضغط الخارجي على مكبس الأسطوانة يزداد، فإن الحجم داخل الأسطوانة ينخفض. الرسم البياني يوضح العلاقة العكسية بين الضغط والحجم.





$P_1V_1 = (1\text{ atm})(10\text{ L})$
$= 10\text{ atm} \cdot \text{L}$
ثابت =

$P_2V_2 = (2\text{ atm})(5\text{ L})$
$= 10\text{ atm} \cdot \text{L}$
ثابت =

$P_3V_3 = (4\text{ atm})(2.5\text{ L})$
$= 10\text{ atm} \cdot \text{L}$
ثابت =

التأكد من فهم الرسم بياني

تطبيق استخدم الرسم البياني لتحديد الحجم إذا كان الضغط 2.5 atm.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

لاحظ أن ناتج حاصل ضرب الضغط في الحجم عند كل نقطة في **الشكل 1** هو 10 atm·L. يمكن التعبير عن قانون بويل رياضيًا كما يلي:

قانون بويل

$P_1V_1 = P_2V_2$ P يمثل الضغط، V يمثل الحجم.

بالنسبة لمقدار معلوم من الغاز محفوظ في درجة حرارة ثابتة، فإن الناتج من حاصل ضرب الضغط في الحجم يساوي مقدار ثابت.

P_1 و V_1 يمثلان الظروف الأولية و P_2 و V_2 يمثلان الظروف النهائية. إذا علمت أي ثلاث قيم من هذه القيم، يمكنك معرفة الرابعة بإعادة تنظيم المعادلة.

مثال 1

قانون بويل غواص يُطلق فقاعة هواء حجمها 0.75 L على مسافة 10 m تحت الماء. وعندما ارتفعت نحو السطح، ينخفض الضغط من 2.25 atm إلى 1.03 atm. ما حجم الهواء في الفقاعة عند السطح؟

1 تحليل المسألة

وفقًا لقانون بويل، فإن الانخفاض في الضغط على الفقاعة سينتج عنه زيادة في الحجم وبالتالي فإنه يجب ضرب الحجم الأولي في نسبة ضغط أكبر من 1.

معلوم	مجهول
$V_1 = 0.75\ \text{L}$	$V_2 = ?\ \text{L}$
$P_1 = 2.25\ \text{atm}$	
$P_2 = 1.03\ \text{atm}$	

2 حساب المجهول

استخدام قانون بويل. أعد ترتيب القانون لإيجاد قيمة V_2 واحسب الحجم الجديد.

$P_1V_1 = P_2V_2$ — اكتب قانون بويل.

$V_2 = V_1\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$ — أعد ترتيب المعادلة لإيجاد قيمة V_2

$V_2 = 0.75\ \text{L}\left(\frac{2.25\ \text{atm}}{1.03\ \text{atm}}\right)$ — عوّض في $V_1 = 0.75$ L و $P_1 = 2.25$ atm و $P_2 = 1.03$ atm

$V_2 = 0.75\ \text{L}\left(\frac{2.25\ \cancel{\text{atm}}}{1.03\ \cancel{\text{atm}}}\right) = 1.6\ \text{L}$ — ضرب وقسمة الأعداد والوحدات

3 تقييم الإجابة

ينخفض الضغط بمقدار النصف تقريباً ولذلك يجب أن يتضاعف مقدار الحجم. يتم التعبير عن الإجابة باللترات وهي وحدة الحجم وتحتوي الإجابة بشكل صحيح على رقمين معنويين.

تطبيقات

افترض أن درجة الحرارة وكمية الغاز ثابتتان في المسائل التالية:

1. حجم الغاز عند 99.0 kPa هو 300.0 mL. إذا زاد الضغط إلى 188 kPa فماذا سيكون حجمه الجديد؟
2. ضغط عينة من الهيليوم في حاوية سعة 1.00 L هو 0.988 atm. ما الضغط الجديد إذا تم وضع العينة في حاوية سعة 2.00 L؟
3. **تحدي** هواء محصور في أسطوانة مغلقة بمكبس يشغل 145.7 mL عند ضغط 1.08 atm. ما الحجم الجديد عند ضغط المكبس، مما يؤدي إلى زيادة الضغط بمقدار 25%؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

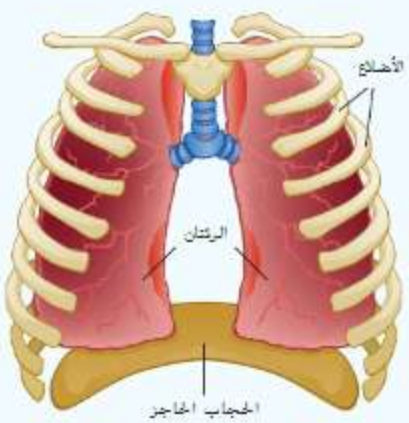
مختبر حل المشكلات

تطبيق التفسيرات العلمية

ما الذي يجب أن ينعمله قانون بويل مع التنفس؟ أنت تتنفس حوالي 20 مرة في الدقيقة وتقوم باستبدال غاز ثاني أكسيد الكربون بغاز الأكسجين اللازم لاستمرار الحياة. كيف يتغير الضغط والحجم في رئتيك عندما تتنفس؟

التحليل

النسيج الإسفنجي والمرن المكون لرئتيك يسمح لهما بالتمدد والانكماش في استجابة لحركة الحجاب الحاجز وهو عضلة قوية أسفل الرئتين. وأنت تستنشق الأكسجين عندما يتحرك الحجاب الحاجز إلى الأسفل، مما يزيد من حجم الرئة. وعندما يتحرك الحجاب الحاجز لديك إلى الأعلى وينخفض حجم الرئة، تخرج أنت ثاني أكسيد الكربون.



التفكير الناقد

1. **طبق** قانون بويل لتفسير سبب دخول الهواء إلى الرئتين عندما تأخذ شهيقًا وسبب مغادرته عندما تأخذ زفيراً.
2. **فسّر** ما الذي يحدث داخل الرئتين عندما يتعرض أحدهم لضربة على البطن ويخرج الهواء منه. استخدم قانون بويل في تحديد إجابتك.
3. **استدل** تفقد أجزاء من الرئة مرونتها وتتضخم عندما يعاني الشخص من انتفاخ الرئة. من معلوماتك عن قانون بويل، لماذا تؤثر هذه الحالة على التنفس؟
4. **فسّر** لماذا يتعلم الغواصون المبتدئون ألا يحبسوا أنفاسهم أبداً أثناء صعودهم من المياه العميقة.

قانون شارل

في التجربة الاستهلالية، لاحظت أن محيط البالون انخفض بعد أن غُمر في الماء المثلج. لماذا حدث ذلك؟ بعد أمسية باردة، تلاحظ أن طوف حمام السباحة المطاطي انتفخ جزئيًا. خلال ظهيرة مشمسة، يمكن أن يبدو نفس الطوف منتفخًا تمامًا. لماذا تغير مظهر الطوف؟ يمكن الإجابة عن هذه الأسئلة بتطبيق قانون الغاز الثاني—قانون شارل.

ما العلاقة بين درجة الحرارة والحجم؟ جاك شارل (1746-1823). فيزيائي فرنسي، درس العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة. ولاحظ أنه بزيادة درجة الحرارة، يزيد حجم عينة الغاز في حالة ثبات كمية الغاز والضغط. ويفسر هذه الخاصية نظرية الحركة الجزيئية: كلما زادت درجة الحرارة، تحركت جسيمات الغاز أسرع وتصطدم بجدران الحاوية بشكل أكثر وبقوة أكبر. ولأن الضغط يعتمد على عدد الاصطدامات والقوة التي تصطدم بهما جسيمات الغاز بجدران الحاوية، فإن ذلك سيزيد من الضغط. ولكي يظل الضغط ثابتًا، فإن الحجم يجب أن يزداد ولذلك تتحرك الجسيمات بشكل أسرع قبل الاصطدام بالجدران. والاضطرار إلى الحركة بشكل أسرع يخفض من عدد اصطدامات الجسيمات مع جدران الحاوية.

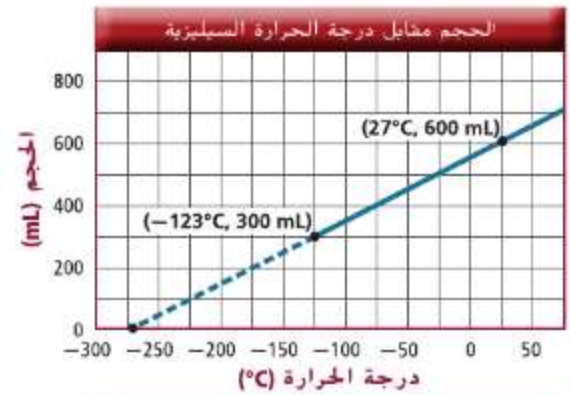
الأسطوانات في **الشكل 2** توضح كيف يتغير حجم المقدار الثابت من الغاز عند تسخينه. وعلى النقيض من **الشكل 1**، حيث وقع الضغط بالإضافة إلى الضغط الجوي على المكبس، فإن المكبس في **الشكل 2** حر الحركة. وذلك يعني أن المكبس سوف يكون مدعومًا بالغاز داخل الأسطوانة عند مستوى يتطابق فيه ضغط الغاز تمامًا مع الضغط الجوي. وكما ترى، فإن الحجم الذي يشغله الغاز عند ضغط 1atm يزداد بزيادة درجة الحرارة في الأسطوانة. وتعتبر المسافة التي يتحركها المكبس مقياسًا للزيادة في حجم الغاز عند تسخينه.

الرسم البياني للعلاقة بين درجة الحرارة والحجم

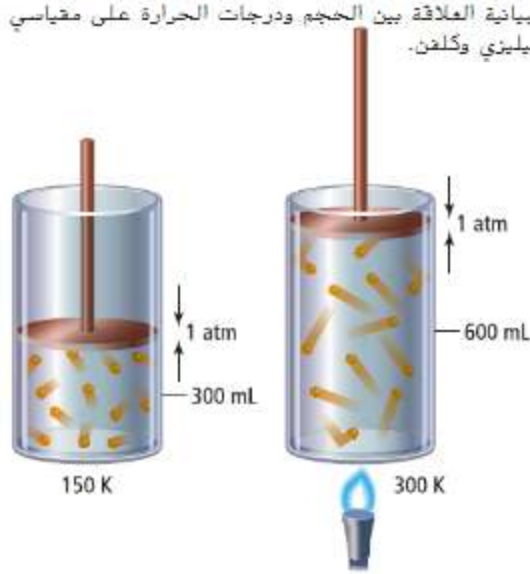
الشكل 2 يوضح أيضًا الرسوم البيانية للعلاقة بين درجة حرارة وحجم مقدار ثابت من الغاز عند ضغط ثابت. الرسم التخطيطي للحجم مقابل درجة الحرارة عبارة عن خط مستقيم. لاحظ أنه يمكنك التنبؤ بدرجة الحرارة التي سيصل عندها الحجم إلى 0 L وذلك بمد رسم الخط إلى درجات حرارة أقل من القيم التي تم قياسها.

في الرسم البياني الأول، درجة الحرارة التي تقابل حجمًا قدره 0 L هي $-273.15°C$. وهذه العلاقة خطية ولكنها ليست علاقة تناسب طردي. على سبيل المثال، يمكنك ملاحظة أن الرسم البياني للخط لا يمر عبر نقطة الأصل وأن ذلك يضاعف درجة الحرارة من 25°C إلى 50°C ولكنه لا يضاعف الحجم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 2** عند تسخين الأسطوانة، فإن الطاقة الحركية لجسيمات الغاز تزداد وتدفعه نحو الخارج. وتوضح الرسوم البيانية العلاقة بين الحجم ودرجات الحرارة على مقياسي سيليزي وكلفن.



$\frac{V_1}{T_1} = \frac{300\ mL}{150\ K}$
$= 2\ mL/K$
ثابت =

$\frac{V_2}{T_2} = \frac{600\ mL}{300\ K}$
$= 2\ mL/K$
ثابت =

الرسم البياني الثاني في **الشكل 2** والذي يرسم درجة حرارة كلفن (K) مقابل الحجم، يعرض بالفعل علاقة تناسب طردي. درجة حرارة 0 K التي تقابل 0 mL وتضاعف درجة الحرارة تضاعف الحجم. الصفر على مقياس كلفن يعرف أيضًا باسم **الصفر المطلق**. يمثل الصفر المطلق أقل درجة حرارة نظرية محتملة. وعند الصفر المطلق، تكون الذرات جميعها في أقل حالة ممكنة من الطاقة.

التأكد من فهم الرسم البياني **فسّر** لماذا يوضح الرسم البياني في **الشكل 2** تناسبًا طرديًا، بينما الرسم البيآني الأول ليس كذلك.

استخدام قانون شارل ينص **قانون شارل** على أن حجم المقدار المعلوم من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة حرارة بالكلفن عند ضغط ثابت. يمكن التعبير عن قانون شارل كما يلي:

مطويتي®
اكتب معلومات من هذا القسم في مطويتك.

قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

V تمثل الحجم.
T تمثل درجة الحرارة.

بالنسبة لمقدار معلوم من الغاز عند ضغط ثابت، فإن ناتج قسمة الحجم على درجة الحرارة بالكلفن يكون ثابتًا.

في المعادلة أعلاه V_1 و T_1 تمثل الظروف الأولية، بينما V_2 و T_2 تمثل ظروف جديدة. وكما هو الحال مع قانون بويل، إذا علمت ثلاث قيم من القيم، يمكنك حساب القيمة الرابعة.

يجب التعبير عن درجة الحرارة بمقياس كلفن عند استخدام المعادلة لقانون شارل. لتحويل درجة الحرارة من درجات سيليزية إلى كلفن، قم بإضافة 273 إلى درجة حرارة السيليزية:

$$T_K = 273 + T_C$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال2

قانون شارل بالون الهيليوم في السيارة المغلقة يشغل حجمًا قدره 2.32 L عند درجة حرارة 40.0°C. إذا تم ركن السيارة في يوم حار وكانت درجة الحرارة داخل السيارة 75.0°C، فما هو الحجم الجديد للبالون، مع افتراض أن الضغط يظل ثابتًا؟

1 تحليل المسألة

ينص قانون شارل على أن حجم كمية محددة من الغاز يزداد بزيادة درجة الحرارة عند ثبات الضغط. وبالتالي، فإن حجم البالون سيزداد. يجب ضرب الحجم الأولي في نسبة درجة حرارة أكبر من 1.

معلوم	مجهول
$T_2 = 40.0°C$	$V_2 = ?\ L$
$V_1 = 2.32\ L$	
$T_2 = 75.0°C$	

2 حساب المجهول

تحويل الدرجات السيليزية إلى كلفن.

$T_K = 273 + T_C$ — تطبيق معامل التحويل

$T_1 = 273 + 40.0°C = 313.0\ K$ — عوض في $T_1 = 40.0°C$

$T_2 = 273 + 75.0°C = 348.0\ K$ — عوض $T_2 = 75.0°C$

استخدام قانون شارل، أعد ترتيب القانون لإيجاد قيمة V_2 والتعويض بالقيم المعلومة في المعادلة التي تم إعادة ترتيبها.

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ — اكتب قانون شارل

$V_2 = V_1\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$ — أعد ترتيب المعادلة لإيجاد قيمة V_2

$V_2 = 2.32\ L\left(\frac{348.0\ K}{313.0\ K}\right)$ — عوض $T_1 = 313.0\ K$ و $V_1 = 2.32\ L$

$V_2 = 2.32\ L\left(\frac{348.0\ \cancel{K}}{313.0\ \cancel{K}}\right) = 2.58\ L$ — اضرب واقسم الأعداد والوحدات.

3 تقييم الإجابة

الزيادة في درجات الحرارة بالكلفن تكون صغيرة نسبيًا وبالتالي فإن الحجم يجب أن يزداد زيادة صغيرة. الوحدة المذكورة في الإجابة هي اللترات وتمثل وحدة الحجم ويوجد ثلاثة أرقام معنوية.

تطبيقات

افترض أن الضغط وكمية الغاز ثابتان في المسائل التالية:

4. ما حجم الغاز في البالون الظاهر على اليسار عند درجة حرارة 250 K؟
5. يشغل غاز عند درجة حرارة 89°C حجمًا مقداره 0.67 L. ما درجة الحرارة السيليزية التي سيزداد عندها الحجم إلى 1.12 L؟
6. درجة الحرارة السيليزية لعينة حجمها 3.00 L من الغاز تنخفض من 80.0°C إلى 30.0°C. فما الحجم النهائي لهذا الغاز؟
7. **تحدي** غاز يشغل حجمًا مقداره 0.67 L عند درجة حرارة 350 K. فما درجة الحرارة المطلوبة لخفض الحجم بنسبة 45%؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

قانون جاي لوساك

في التجربة الاستهلالية، رأيت قانون شارل عمليًا حيث تغير حجم البالون تحت تأثير درجة الحرارة. ما الذي كان سيحدث إذا كان شكل البالون صلبًا؟ وإذا كان الحجم ثابتًا، فهل توجد علاقة بين درجة الحرارة والضغط؟ الإجابة على هذا السؤال موجودة في قانون جاي لوساك.

ما هي العلاقة بين درجة حرارة الغاز وضغطه؟ الضغط عبارة عن نتيجة مباشرة للتصادمات بين جسيمات الغاز وجدران الحاوية. الزيادة في درجة الحرارة يزيد من تكرار التصادم والطاقة وبالتالي زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة الضغط، إذا كان الحجم ثابتًا. جوزيف جاي-لوساك (1778-1850) وجد أن الضغط يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة المطلقة، كما هو موضّح في **الشكل 3**.

قانون جاي لوساك ينص على أن ضغط المقدار الثابت من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة بالكلفن في حالة ثبات الحجم ويمكن التعبير عنه رياضيًا كما يلي:

قانون جاي لوساك

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

P تمثل الضغط.
T تمثل درجة الحرارة.

بالنسبة لمقدار معلوم من الغاز محفوظ عند حجم ثابت، فإن حاصل قسمة الضغط على درجة الحرارة بالكلفن يكون ثابتًا.

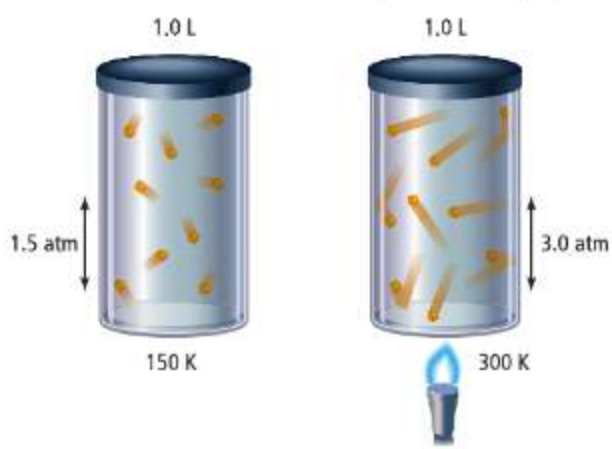
كما هو الحال مع قانوني بويل وشارل، إذا علمت أي ثلاثة من المتغيرات الأربعة، يمكنك حساب المتغير الرابع باستخدام هذه المعادلة. تذكر أن درجة الحرارة يجب أن تكون بالكلفن متى تم استخدامها في معادلات قوانين الغازات.

مهن

في الكيمياء

عالم الأرصاد الجوية العلاقات بين الضغط ودرجة الحرارة وحجم الهواء تساعد علماء الأرصاد الجوية على فهم الطقس والتنبؤ به. على سبيل المثال، تنشأ الرياح والجبهات من تغيرات الضغط التي يسببها تسخين الشمس المتفاوت للغلاف الجوي للأرض.

■ **الشكل 3** عند تسخين الأسطوانة، تزداد الطاقة الحركية للجسيمات، مما يزيد من كل من تكرار الاصطدامات وطاقتها مع جدران الأسطوانة. حجم الأسطوانة ثابت وبالتالي فإن الضغط الذي يبذله الغاز يزداد.



$\frac{P_1}{T_1} = \frac{1.5\ \text{atm}}{150\ \text{K}}$

$= 0.01\ \text{atm/K}$

$=$ ثابت

$\frac{P_2}{T_2} = \frac{3.0\ \text{atm}}{300\ \text{K}}$

$= 0.01\ \text{atm/K}$

$=$ ثابت

التأكد من فهم الرسم البياني

قارن بين الرسوم البيانية في الشكلين 2 و 3.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الكيمياء في الحياة اليومية

قانون جاي لوساك

أواني الطبخ بالضغط آنية الضغط عبارة عن وعاء بغطاء يغلق بإحكام في موضعه. ويعمل ذلك على إحكام إغلاق الوعاء والذي يحافظ على حجمه ثابتًا. ويعمل تسخين الوعاء على زيادة الضغط فيه. وكلما ازداد الضغط، تستمر درجة الحرارة في الزيادة ويتم طهي الطعام بشكل أسرع.

مثال 3

قانون جاي لوساك ضغط غاز الأكسجين داخل وعاء هو 5.00 atm عند درجة حرارة 25.0°C. ويقع الوعاء في معسكر على قمة جبل جيس في رأس الخيمة. فإذا كانت درجة الحرارة هناك 10.0°C−، فما الضغط الجديد داخل الوعاء؟

1 تحليل المسألة

ينص قانون جاي لوساك على أنه إذا انخفضت درجة حرارة الغاز، فإن الضغط ينخفض عندما يكون الحجم ثابتًا. وبالتالي، فإن الضغط في وعاء الأكسجين سينخفض. يجب ضرب الضغط الأولي في نسبة درجة حرارة أقل من 1.

معلوم	مجهول
$P_1 = 5.00\ atm$	$P_2 = ?\ atm$
$T_1 = 25.0°C$	
$T_2 = -10.0°C$	

2 حساب المجهول

تحويل الدرجات السيليزية إلى كلفن.

$T_K = 273 + T_C$ — **تطبيق معامل التحويل**

$T_1 = 273 + 25.0°C = 298.0\ K$ — **عوّض في** $T_1 = 25.0°C$

$T_2 = 273 + (-10.0°C) = 263.0\ K$ — **عوّض في** $T_2 = -10.0°C$

استخدام قانون جاي لوساك. أعد ترتيب القانون لإيجاد قيمة P_2 والتعويض بالقيم المعلومة في المعادلة التي تمت إعادة ترتيبها.

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ — **اكتب قانون جاي لوساك**

$P_2 = P\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$ — **أعد ترتيب المعادلة لإيجاد قيمة** P_2

$P_2 = 5.00\ atm\left(\frac{263.0\ K}{298.0\ K}\right)$ — **عوّض في** $P_1 = 5.00\ atm$، $T_2 = 263.0\ K$ و $T_1 = 298.0\ K$

$P_2 = 5.00\ atm\left(\frac{263.0\cancel{K}}{298.0\cancel{K}}\right) = 4.41\ atm$ — **اضرب واقسم الأعداد والوحدات.**

3 تقييم الإجابة

تنخفض درجة الحرارة وبالتالي ينبغي أن ينخفض الضغط. الوحدة، atm وهي وحدة قياس الضغط ونوجد ثلاثة أرقام معنوية.

تطبيقات

افترض ثبات الحجم ومقدار الغاز في المسائل التالية:

8. الضغط داخل إطار سيارة 1.88 atm عند 25.0°C. كم سيصبح الضغط إذا زادت درجة الحرارة إلى 37.0°C؟
9. غاز الهيليوم في أسطوانة سعة 2.00 L يقع تحت ضغط مقداره 1.12 atm. عند درجة حرارة 36.5°C يصبح ضغط عينة الغاز نفسها يساوي 2.56 atm. ماذا كانت درجة الحرارة الأولية بالدرجات السيليزية للغاز في الأسطوانة؟
10. **تحدي** إذا كان ضغط عينة غاز 30.7 kPa عند 0.00°C، فكم يجب زيادة درجة الحرارة السيليزية لمضاعفة الضغط؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 4** الحبال المثبتة على جوانب بالون الطقس تظل في مكانها بينما تتم تعبئته بغاز الهيدروجين أو الهيليوم. تحمل بالونات الطقس الأدوات التي ترسل البيانات، مثل درجة حرارة الهواء والضغط والرطوبة، لمستقبلات على الأرض. وعندما يرتفع البالون، يستجيب حجمه للتغيرات في درجة الحرارة والضغط ويظل يتمدد حتى انفجار الجوانب. وتقوم مظلة صغيرة بإعادة الأدوات إلى الأرض.

القانون العام للغازات

في عدد من التطبيقات التي تشتمل على غازات، مثل بالون الطقس في **الشكل 4** الضغط ودرجة الحرارة والحجم قد يتغير كل ذلك. ويمكن دمج قوانين بويل وشارل وجاي لوساك في قانون واحد يسمى **القانون العام للغازات** وهو يحدد العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة وحجم مقدار ثابت من الغاز. والمتغيرات الثلاثة جميعها لها نفس العلاقة مع بعضها مثلما هو الحال في قوانين الغاز الأخرى: الضغط يتناسب عكسيًا مع الحجم وطرديًا مع درجة الحرارة ويتناسب الحجم طرديًا مع درجة الحرارة. يمكن التعبير عن القانون العام للغازات رياضيًا كما يلي:

القانون العام للغازات

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

P **تمثل الضغط.** V **تمثل الحجم.**
T **تمثل درجة الحرارة.**

بالنسبة لمقدار معلوم من الغاز، فإن الناتج من حاصل ضرب الضغط والحجم، مقسومًا على درجة الحرارة بالكلفن يكون ثابتًا.

استخدام القانون العام للغازات القانون العام للغازات يمكنك من حل المسائل التي تشتمل على تغيرات في أكثر من متغير. وهو يوفر أيضا طريقة لتذكر القوانين الثلاثة الأخرى بدون تذكر كل معادلة. إذا أمكنك كتابة معادلة القانون العام للغازات، فإنه يمكن اشتقاق معادلات القوانين الأخرى منها وذلك بتذكر المتغير الثابت في كل حالة.

على سبيل المثال، إذا ظلت درجة الحرارة ثابتة بينما يتغير الضغط والحجم، فإن $T_1 = T_2$. بعد تبسيط القانون العام للغازات في ظل هذه الظروف، فإننا نصل إلى أن $P_1 V_1 = P_2 V_2$ والتي يجب أن تفهمها باعتبارها معادلة قانون بويل.

التأكد من فهم النص **اشتق** قانوني شارل وجاي لوساك من القانون العام للغازات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 4

القانون العام للغازات غاز عند 110 kPa ودرجة حرارة 30.0°C يملأ حاوية مرنة بحجم أولي قدره 2.00 L. فإذا زادت درجة الحرارة إلى 80.0°C والضغط إلى 440 kPa، فما هو الحجم الجديد؟

1 تحليل المسألة

يتغير كل من الضغط ودرجة الحرارة وبالتالي ستحتاج إلى استخدام القانون العام للغازات. يتضاعف الضغط أربعة أضعاف ولكن درجة الحرارة لا تزداد بمثل هذا المعامل الضخم. وبالتالي، فإن الحجم الجديد سوف يكون أصغر من حجم البداية.

معلوم		مجهول
$P_1 = 110\ \text{kPa}$	$P_2 = 440\ \text{kPa}$	$V_2 = ?\ \text{L}$
$T_1 = 30.0°\text{C}$	$T_2 = 80.0°\text{C}$	
$V_1 = 2.00\ \text{L}$		

2 حساب المجهول

تحويل الدرجات السيليزية إلى كلفن.

$$T_K = 273 + T_C$$ **تطبيق معامل التحويل**

$$T_1 = 273 + 30.0°\text{C} = 303.0\ \text{K}$$ **عوّض في** $T_1 = 30.0°\text{C}$

$$T_2 = 273 + 80.0°\text{C} = 353.0\ \text{K}$$ **عوّض في** $T_2 = 80.0°\text{C}$

استخدام القانون العام للغازات. أعد ترتيب القانون لإيجاد قيمة V_2 والتعويض بالقيم المعلومة في المعادلة التي تم إعادة ترتيبها.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$ **اكتب القانون العام للغازات.**

$$V_2 = V_1\left(\frac{P_1}{P_2}\right)\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$ **أعد ترتيب القانون لإيجاد قيمة** V_2

$$V_2 = 2.00\ \text{L}\left(\frac{110\ \text{kPa}}{440\ \text{kPa}}\right)\left(\frac{353.0\ \text{K}}{303.0\ \text{K}}\right)$$ **عوّض في** $V_1 = 2.00\ \text{L}$, $P_1 = 110\ \text{kPa}$, $P_2 = 440\ \text{kPa}$, $T_2 = 353.0\ \text{K}$, $T_1 = 303.0\ \text{K}$

$$V_2 = 2.00\ \text{L}\left(\frac{110\ \cancel{\text{kPa}}}{440\ \cancel{\text{kPa}}}\right)\left(\frac{353.0\ \cancel{\text{K}}}{303.0\ \cancel{\text{K}}}\right) = 0.58\ \text{L}$$ **اضرب واقسم الأعداد والوحدات**

3 تقييم الإجابة

لأن التغير في الضغط أكبر بكثير من التغير في درجة الحرارة، فإن الحجم سيقل. الوحدة هي اللتر وهي وحدة قياس الحجم ويوجد رقمان معنويان.

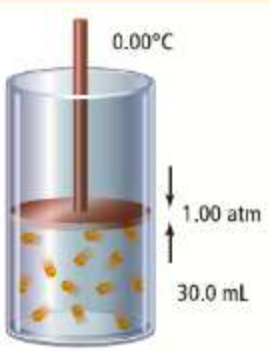
تطبيقات

افترض أن مقدار الغاز ثابت في المسائل التالية:

11. تبذل عينة من الهواء في محقنة ضغطًا مقداره 1.02 atm عند درجة حرارة 22.0°C. يتم وضع المحقن في حمام ماء مغلي عند درجة حرارة 100.0°C. يزداد الضغط إلى 1.23 atm بالضغط على المكبس، مما يخفض الحجم إلى 0.224 mL. فكم كان الحجم الأولي؟

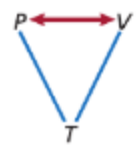
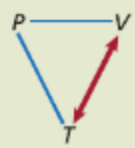
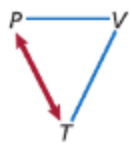
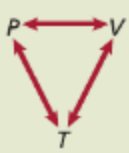
12. بالون يحتوي على 146.0 mL من الغاز المحصور عند ضغط 1.30 atm ودرجة حرارة 5.0°C. فإذا تضاعف الضغط وانخفضت درجة الحرارة إلى 2.0°C فكم سيكون حجم الغاز في البالون؟

13. **تحدي** إذا زادت درجة الحرارة في أسطوانة الغاز إلى اليسار إلى 30.0°C وزاد الضغط إلى 1.20 atm فهل سيتحرك مكبس الأسطوانة إلى أعلى أم إلى أسفل؟



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الجدول 1 قوانين الغازات

القانون	بويل	شارل	جاي لوساك	القانون العام
الصيغة	$P_1V_1 = P_2V_2$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$	$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$
ما هو الثابت؟	مقدار الغاز ودرجة الحرارة	مقدار الغاز والضغط	مقدار الغاز والحجم	مقدار الغاز
رسم تنظيمي				

مقاييس درجة الحرارة وقوانين الغازات ربما تكون قد لاحظت أن العمل الذي قام به كل من شارل وجاي–لوساك سبق تطوير مقياس كلفن، إلا أن قوانينهم تتطلب استخدام درجات الحرارة على مقياس كلفن. في القرن الثامن عشر وبداية التاسع عشر، استخدم العلماء العديد من المقاييس المختلفة. على سبيل المثال، المقياس الذي يسمى مقياس ريامور والذي كان يستعمل غالبًا في فرنسا في زمن شارل. وعلى هذا المقياس—أو أي مقياس لا يعتمد على الصفر المطلق—فإن التعبير عن قانون شارل أكثر تعقيداً ويتطلب اثنين من الثوابت بالإضافة إلى V و T. وقام مقياس كلفن بتبسيط الأمور ونتج عنه ظهور قوانين الغازات المعروفة والموجودة هنا.

رأيت الآن كيف يؤثر الضغط ودرجة الحرارة والحجم على عينة من الغاز. يمكنك استخدام قوانين الغازات والتي تم تلخيصها في **الجدول 1**، طالما ظل مقدار الغاز ثابتًا. ولكن ما الذي يحدث إذا تغير مقدار الغاز؟ في القسم التالي، سوف تقوم بإضافة المتغير الرابع وهو مقدار الغاز، إلى قوانين الغازات.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- ينص قانون بويل على أن حجم مقدار ثابت من الغاز يتناسب عكسيًا مع الضغط الواقع عليه في حالة ثبات درجة الحرارة.
- ينص قانون شارل على أن حجم المقدار الثابت من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة بمقياس كلفن عند الضغط الثابت.
- ينص قانون جاي لوساك على أن الضغط الواقع على مقدار ثابت من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة بالكلفن عند ثبات الحجم.
- القانون العام للغازات يربط بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم في معادلة واحدة.

14. الفكرة **الرئيسة اذكر** العلاقات القائمة بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار ثابت من الغاز.
15. **فسّر** أي من المتغيرات الثلاثة التي تؤثر على كمية ثابتة من الغاز يتناسب طرديًا؟ ما هي المتغيرات التي تتناسب عكسيًا؟
16. **تحليل** يتم تحرير بالون الطقس في الغلاف الجوي. معلوم لديك الحجم الأولي ودرجة الحرارة وضغط الهواء. ما المعلومات التي ستحتاج إليها للتنبؤ بحجمه عندما يصل إلى أقصى ارتفاع له؟ ما القانون الذي ستستخدمه لحساب هذا الحجم؟
17. **استدل** لماذا يتم ضغط الغازات التي يتم استخدامها في المستشفيات مثل الأكسجين؟ لماذا تجب حماية الغازات المضغوطة من درجات الحرارة العالية؟ ما الذي يجب أن يحدث للأكسجين المضغوط قبل استنشاقه؟
18. **احسب** حاوية بلاستيكية صلبة فيها 1.00 L من غاز الميثان عند ضغط 660 torr عندما تكون درجة الحرارة 22.0°C. ما مقدار الضغط الذي يبذله الغاز إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 44.6°C؟
19. **صمم** خريطة مفاهيم توضح العلاقات بين الضغط،والحجم ودرجة الحرارة في قوانين بويل وشارل وجاي ولوساك.

McGraw-Hill Education © محفوظة لصالح مؤسسة الطبع والتأليف

قانون الغاز المثالي

القسم 2

الفكرة الرئيسة **قانون الغاز المثالي يربط بين عدد الجسيمات والضغط ودرجة الحرارة والحجم.**

الأسئلة الرئيسة

- كيف يربط مبدأ أفوجادرو وعدد جزيئات الغاز بحجمه؟
- كيف ترتبط كمية الغاز مع ضغطه ودرجة حرارته وحجمه في قانون الغاز المثالي؟
- ما خصائص الغازات الحقيقية والغازات المثالية؟

مراجعة المفردات

المول mole: وحدة قياسية دولية تستخدم لقياس كمية المادة؛ وتساوي كمية المادة النقية التي تحتوي على 6.02×10^{23} من الجسيمات

المفردات الجديدة

مبدأ أفوجادرو Avogadro's principle

الحجم المولي molar volume

درجة الحرارة والضغط القياسيان (STP) standard temperature and pressure (STP)

ثابت الغاز المثالي (R) ideal gas constant (R)

قانون الغاز المثالي ideal gas law

القوى الخارقة للجميع

الإنسان الخارق 2050 ، ماذا لو استخدم الجميع التكنولوجيا ليصبح خارق القوة؟

الكيمياء في حياتك

تعلم أن إضافة الهواء إلى إطارات السيارات يزيد الضغط داخلها. لكن هل تعلم أن الضغط الموصى به لإطارات السيارات هو المحدد في ظروف الطقس البارد؟ حيث إن الإطارات تتحرك بسرعة على الطريق، فإن الاحتكاك يسبب ارتفاع درجة حرارتها. وذلك يسبب أيضًا ارتفاع الضغط داخل الإطارات.

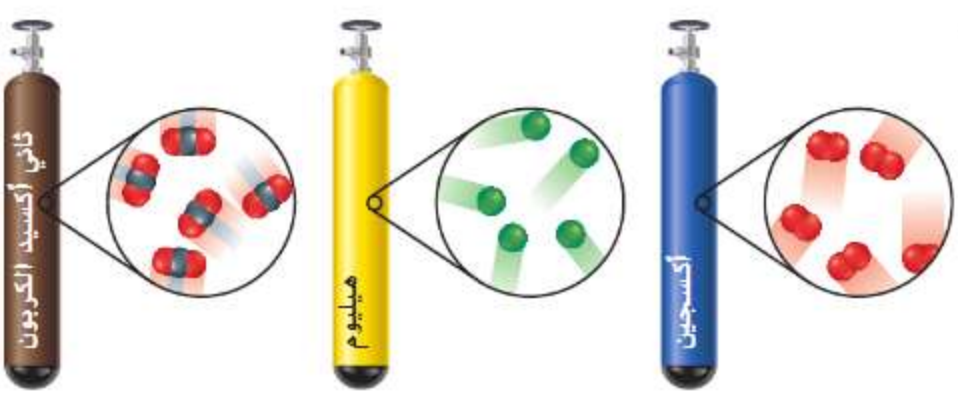
مبدأ أفوجادرو

الجسيمات التي تكوّن غازات مختلفة يمكن أن تتباين في الحجم كثيراً. ومع ذلك، فإن نظرية الحركة الجزيئية تفترض أن الجسيمات في عينة غاز تكون متباعدة بشكل كبير بحيث يصبح حجمها ذو تأثير ضئيل جداً على الحجم الذي يشغله الغاز. على سبيل المثال، 1000 جسيم ضخم نسبيًا من غاز الكربيتون تشغل نفس الحجم مثل 1000 جسيم أصغر حجمًا من غاز الهيليوم عند نفس درجة الحرارة والضغط. ولقد كان أفوجادرو أول من افترض هذه الفكرة عام 1811. ينص **مبدأ أفوجادرو** على أن الأحجام المتساوية من الغازات عند نفس درجة الحرارة والضغط تحتوي على أعداد متساوية من الجسيمات. **الشكل 5** يوضح أحجامًا متساوية من ثاني أكسيد الكربون والهيليوم والأكسجين.

الحجم والمولات تذكر أن المول الواحد من المادة يحتوي على 6.02×10^{23} جسيمًا. **الحجم المولي** للغاز عبارة عن الحجم الذي يشغله 1 mol عند درجة حرارة 0.00°C وضغط 1.00 atm. ظروف 0.00°C و 1.00 atm تعرف باسم **الضغط ودرجة الحرارة القياسيين (STP).** ولقد أوضح أفوجادرو تجريبيًا أن 1 mol من أي غاز يشغل حجمًا قدره 22.4 L عند الضغط ودرجة الحرارة القياسيين STP. ولأن الحجم 1 mol من الغاز عند الضغط ودرجة الحرارة القياسيين STP هو 22.4 L فإنه يمكنك استخدام 22.4 L/mol باعتباره معامل تحويل متى أصبح الغاز عند الضغط ودرجة الحرارة القياسيين STP.

على سبيل المثال، افترض أنك تريد إيجاد عدد المولات في عينة ما من الغاز حجمها 3.72 L عند الضغط ودرجة الحرارة القياسيين STP. استخدم الحجم المولي للتحويل من الحجم إلى مولات.

$$3.72\ \text{L} \times \frac{1\ \text{mol}}{22.4\ \text{L}} = 0.166\ \text{mol}$$



الشكل 5 صهاريج الغاز ذات الأحجام المتساوية والتي توجد عند الضغط ودرجة الحرارة نفسيهما تحتوي على العدد نفسه من جسيمات الغاز، بغض النظر عن نوع الغاز الذي تحتويه.

استدل لماذا لا ينطبق مبدأ أفوجادرو على السوائل والأجسام الصلبة؟

حقوق الطبع والنشر محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education ©

مثال 5

الحجم المولي المكون الرئيسي للغاز الطبيعي المستخدم في أغراض التسخين والطبخ المنزلي هو الميثان (CH_4). احسب الحجم الذي سيشغله 2.00 kg من غاز الميثان عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.

1 تحليل المسألة

يمكن حساب عدد المولات بقسمة كتلة العينة m، على الكتلة المولية M. الغاز عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP (0.00°C, 1.00 atm) وبالتالي يمكنك استخدام الحجم المولي للتحويل من عدد المولات إلى الحجم.

معلوم

$m = 2.00\ \text{kg}$

$T = 0.00°\text{C}$

$P = 1.00\ \text{atm}$

مجهول

$V = ?\ \text{L}$

2 حساب المجهول

حدد الكتلة المولية للميثان.

$$M = 1\ \text{C atom} \left(\frac{12.01\ \text{amu}}{1\ \text{C atom}}\right) + 4\ \text{H atoms} \left(\frac{1.01\ \text{amu}}{1\ \text{H atom}}\right)$$ **حدد الكتلة الجزيئية.**

$$= 12.01\ \text{amu} + 4.04\ \text{amu} = 16.05\ \text{amu}$$

$$= 16.05\ \text{g/mol}$$ **عبّر عن الكتلة الجزيئية بوحدة g/mol للوصول إلى الكتلة المولية.**

حدد عدد مولات الميثان.

$$2.00\ \text{kg} \left(\frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}}\right) = 2.00 \times 10^3\ \text{g}$$ **تحويل الكتلة من kg إلى g.**

$$\frac{m}{M} = \frac{2.00 \times 10^3\ \text{g}}{16.05\ \text{g/mol}} = 125\ \text{mol}$$ **قسمة الكتلة على الكتلة المولية لتحديد عدد المولات.**

استخدم الحجم المولي لتحديد حجم الميثان عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.

$$V = 125\ \text{mol} \times \frac{22.4\ \text{L}}{1\ \text{mol}} = 2.80 \times 10^3\ \text{L}$$ **استخدم الحجم المولي، 22.4 L/mol، للتحويل من مولات إلى الحجم.**

3 تقييم الإجابة

مقدار الميثان الحالي أكثر بكثير من 1 mol. وبالتالي يجب عليك أن تتوقع حجمًا كبيراً، بالتطابق مع الإجابة. الوحدة هي اللترات وحدة الحجم ويوجد ثلاثة أرقام معنوية.

تطبيقات

20. ما حجم الحاوية الذي تحتاجه لحفظ 0.0459 mol من غاز N_2 عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟
21. ما كمية غاز ثاني أكسيد الكربون بالجرامات الموجودة في بالون حجمه 1.0 L عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟
22. ما الحجم (mL) الذي سيشغله 0.00922 g من غاز H_2 عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟
23. ما الحجم الذي سيشغله 0.416 g من غاز الكريبتون عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟
24. احسب الحجم الذي سيشغله 4.5 kg من غاز الإيثيلين (C_2H_4) عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.
25. **تحدي** يحتوي وعاء بلاستيكي مرن على 0.860 g من غاز الهيليوم في حجم 19.2 L. فإذا تم التخلص من 0.205 g من الهيليوم عند ضغط ودرجة حرارة ثابتين، فما مقدار الحجم الجديد؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

قانون الغاز المثالي

يمكن دمج مبدأ أفوجادرو وقوانين بويل وشارل وجاي ولوساك في علاقة رياضية واحدة تصف العلاقات بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة وعدد مولات الغاز. وهذه العلاقة تعمل على أفضل ما يكون مع الغازات التي تتبع افتراضات نظرية الحركة الجزيئية. الغازات المعروفة باسم الغازات المثالية، تشغل جسيماتها حجمًا صغيرًا جدًا يمكن إهماله وتكون متباعدة عن بعضها بشكل كبير جدًا بحيث تكون قوى التجاذب والتنافر بينها أقل ما يمكن.

من القانون العام للغازات إلى قانون الغاز المثالي فإن القانون العام للغازات يقيم علاقة بين المتغيرات الضغط والحجم ودرجة الحرارة لمقدار معلوم من الغاز.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

بالنسبة لعينة محددة من الغاز، فإن هذه العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة هي نفسها دائمًا. يمكنك إعادة كتابة العلاقة الممثلة في قانون الغازات العام كما يلي:

$$\frac{PV}{T} = \text{ثابت}$$

كما يشرح **الشكل 6**، فإن زيادة مقدار الغاز الموجود في عينة سترفع الضغط في حالة ثبات درجة الحرارة والحجم. وبالمثل إذا ظل الضغط ودرجة الحرارة ثابتين، فإن الحجم سيزداد كلما تم إضافة المزيد من جسيمات الغاز. وفي الواقع، فإننا نعلم أن كلاً من الحجم والضغط يتناسبان طرديًا مع عدد المولات (n) وبالتالي فإن n يمكن تضمينه في قانون الغازات العام كما يلي:

$$\frac{PV}{nT} = \text{ثابت}$$

حددت التجارب باستخدام القيم المعروفة من P, T, V و n قيمة هذا الثابت. وهو يسمى **ثابت الغاز المثالي** وهو ممثل بالرمز R. وإذا كان الضغط بوحدة atm، فإن قيمة R هي 0.0821 L•atm/mol•K. لاحظ أن وحدات التعبير عن R هي ببساطة تجمع وحدات المتغيرات الأربعة. **الجدول 2** يوضح القيم العددية للثابت R في وحدات مختلفة من الضغط.

التأكد من فهم النص **فسّر** لماذا تمت إضافة عدد المولات، n، إلى خانة المقام في المعادلة أعلاه.

التعويض بالثابت R في المعادلة أعلاه وإعادة ترتيب القيم يعطي قانون الغاز المثالي الصيغة الأكثر شيوعًا. يصف **قانون الغاز المثالي** السلوك الفيزيائي لغاز مثالي من حيث الضغط والحجم ودرجة الحرارة وعدد مولات الغاز الموجودة.

قانون الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

P تمثل الضغط، V تمثل الحجم،
n تمثل عدد المولات، R تمثل ثابت الغاز المثالي،
T تمثل درجة الحرارة.

بالنسبة لمقدار معلوم من الغاز محفوظ في درجة حرارة ثابتة، فإن حاصل ضرب الضغط في الحجم يساوي مقدارًا ثابتًا.

إذا كنت تعلم أي ثلاثة متغيرات من الأربعة، فإنه يمكنك إعادة ترتيب المعادلة لإيجاد المتغير المجهول.

■ **الشكل 6** الحجم ودرجة الحرارة
لهذا الإطار تظل هي نفسها كلما أضفنا الهواء. ومع ذلك، فإن الضغط في الإطار يزداد كلما ازدادت كمية الهواء في الإطار.

مطوياتي
اكتب معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الجدول 2 قيم الثابت R

قيمة الثابت R	وحدات الثابت R
0.0821	$\frac{\text{L•atm}}{\text{mol•K}}$
8.314	$\frac{\text{L•kPa}}{\text{mol•K}}$
62.4	$\frac{\text{L•mm Hg}}{\text{mol•K}}$

حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 6

قانون الغاز المثالي احسب عدد مولات غاز الأمونيا (NH_3) التي يحتوي عليها وعاء حجمه 3.0 L عند درجة حرارة 3.00×10^2 K وضغط 1.50 atm.

1 تحليل المسألة

معلوم لديك الحجم ودرجة الحرارة والضغط لعينة من الغاز. استخدم قانون الغاز المثالي واختر قيمة R التي تحتوي على وحدات الضغط المعلومة في المسألة. ولأن الضغط ودرجة الحرارة يقتربان في القيمة من الضغط ودرجة الحرارة القياسيين STP، إلا أن الحجم أصغر بكثير من 22.4 L وسيبدو الأمر منطقيًا إذا كانت الإجابة المحسوبة أصغر بكثير من 1 mol.

معلوم	مجهول
$V = 3.0\ \text{L}$	$n = ?\ \text{mol}$
$T = 3.00 \times 10^2\ \text{K}$	
$P = 1.50\ \text{atm}$	
$R = 0.0821\ \frac{\text{L·atm}}{\text{mol·K}}$	

2 حساب المجهول

استخدام قانون الغاز المثالي. أعد ترتيب المعادلة لإيجاد قيمة n والتعويض بالقيم المعلومة.

اكتب قانون الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

أعد ترتيب المعادلة لإيجاد قيمة n

$$n = \frac{PV}{RT}$$

عوّض $V = 3.0\ \text{L}$، $T = 3.00 \times 10^2\ \text{K}$، $P = 1.50\ \text{atm}$، $R = 0.0821\ \text{L·atm/mol·K}$.

$$n = \frac{(1.50\text{atm})\ (3.0\text{L})}{(0.0821\ \frac{\text{L·atm}}{\text{mol·K}})\ (3.00 \times 10^2\text{K})}$$

اضرب واقسم الأعداد والوحدات.

$$n = \frac{(1.50\text{atm})\ (3.0\text{L})}{(0.0821\ \frac{\text{L·atm}}{\text{mol·K}})\ (3.00 \times 10^2\text{K})} = 0.18\text{mol}$$

3 تقييم الإجابة

تتفق الإجابة مع التوقعات بأن عدد المولات الحالي سوف يكون أقل من 1 mol بشكل ملحوظ. الوحدة المذكورة في الإجابة هي المول ويوجد اثنان من الأرقام المعنوية.

تطبيقات

26. حدد درجة الحرارة السيليزية لكمية من الغاز مقدارها 2.49 mol موجودة في وعاء حجمه 1.00 L عند ضغط يساوي 143 kPa.
27. احسب حجم 0.323 mol من الغاز عند 265 K و 0.900 atm.
28. ما الضغط (بوحدة atm) لعينة مقدارها 0.108 mol من غاز الهيليوم عند درجة حرارة 20.0°C إذا كان حجمها هو 0.505 L؟
29. إذا كان الضغط المبذول من غاز عند درجة حرارة 25°C في حجم مقداره 0.044 L يساوي 3.81 atm فكم عدد مولات الغاز الموجودة؟
30. **تحدي** غاز مثالي حجمه 3.0 L. فإذا تضاعف كل من عدد مولات الغاز ودرجة الحرارة بينما بقي الضغط ثابتًا كما هو، فما هو الحجم الجديد؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المفردات

أصل الكلمة

المول (Mole)

يأتي من الكلمة الألمانية الأصل Mol وهي اختصار الكلمة Molekularge-wicht، بمعنى الوزن الجزيئي

قانون الغاز المثالي— الكتلة المولية والكثافة

يمكن استخدام قانون الغاز المثالي في إيجاد قيمة أي من المتغيرات الأربعة P, V, T, n. إذا كانت قيم المتغيرات الثلاثة الأخرى معلومة. كما يمكنك أيضًا إعادة ترتيب المعادلة $PV = nRT$ لحساب الكتلة المولية وكثافة عينة من الغاز.

الكتلة المولية وقانون الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية لعينة من الغاز، فإنه يجب معرفة الكتلة ودرجة الحرارة والضغط والحجم للغاز. تذكر أن عدد مولات غاز ما (n) تساوي الكتلة (m) مقسومة على الكتلة المولية (M). وبالتالي، فإن n في المعادلة يمكن استبداله بواسطة m/M.

$$PV = nRT \qquad n = \frac{m}{\mathrm{M}} \qquad PV = \frac{mRT}{\mathrm{M}}$$

يمكنك إعادة ترتيب المعادلة الجديدة لإيجاد الكتلة المولية.

$$\mathrm{M} = \frac{mRT}{PV}$$

الكثافة وقانون الغاز المثالي تذكر أن الكثافة (D) لمادة ما تُعرّف بأنها الكتلة (m) لكل وحدة حجم (V). بعد إعادة ترتيب معادلة الغاز المثالي لإيجاد قيمة الكتلة المولية، يمكنك التعويض بالقيمة D بدلاً من m/V.

$$\mathrm{M} = \frac{mRT}{PV} \qquad \frac{m}{V} = D \qquad \mathrm{M} = \frac{DRT}{P}$$

يمكنك إعادة ترتيب المعادلة الجديدة لإيجاد قيمة الكثافة.

$$D = \frac{\mathrm{M}P}{RT}$$

لماذا قد تحتاج إلى معرفة كثافة غاز معين؟ فكر في متطلبات مكافحة الحريق. من إحدى طرق مكافحة الحريق هو منع الأكسجين من الوصول إليها وذلك بتغطيتها بغاز آخر لا يحترق ولا يساعد على الاحتراق، كما هو موضح في **الشكل 7**. يجب أن تكون كثافة هذا الغاز أكبر من الأكسجين بحيث يحل محل الأكسجين في مصدر النيران. يمكنك ملاحظة تطبيق مماثل للكثافة عن طريق المختبر المصغّر في الصفحة التالية.

■ **الشكل 7** لإطفاء الحريق، عليك إبعاد الوقود والأكسجين والحرارة. طفاية الحريق إلى اليسار تحتوي على ثاني أكسيد الكربون والذي يحل محل الأكسجين ولكنه لا يحترق. وهو أيضًا له تأثير مبرّد بسبب الانتشار السريع لثاني أكسيد الكربون بمثل خروجه من الأنف.

فسر لماذا يحل ثاني أكسيد الكربون محل الأكسجين؟

حقوق الطبع والنشر محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education ©

تجربة مصغّرة

نموذَج لطفاية الحريق

لماذا يستخدم ثاني أكسيد الكربون في طفايات مكافحة الحريق؟

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. قم بقياس درجة الحرارة باستخدام **الثيرموميتر**. قم بقراءة الضغط الجوي باستخدام **بارومیتر**. سجّل بياناتك.
3. لف قطعة من **رقائق الألمنيوم** حول أسطوانة طولها 30 cm وقطرها لا يقل عن 6 cm. لف الحواف باستخدام **شريط لاصق**.
4. استخدم **أعواد الثقاب** لإشعال **الشمعة**. **تحذير: قم بإطفاء عود الثقاب المشتعل بالماء قبل التخلص منه. اجعل الشعر والملابس بعيداً عن اللهب.**
5. ضع 30 g من **كربونات الصوديوم الهيدروجينية** ($NaHCO_3$) في **كأس كبير**. أضف 40 mL من **الخل** (5% CH_3COOH).
6. ضع الأسطوانة بسرعة بعيداً عن لهب الشمعة بزاوية 45°. **تحذير: لا تجعل طرف الأسطوانة يلامس المشتعلة.**
7. بينما التفاعل في الكأس ينشط في إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون، بحرص قم بإمرار الغاز وليس السائل، من الكأس في فوهة أنبوب الألمنيوم. سجل ملاحظاتك.

التحليل

1. **تطبيق** احسب الحجم المولي لغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي.
2. **احسب** الكثافة في درجة حرارة الغرفة بالجرام لكل لتر لكل من ثاني أكسيد الكربون والأكسجين والنيتروجين. تذكر أنك ستحتاج إلى حساب الكتلة المولية للغاز من أجل حساب كثافته.
3. **فسّر** هل ملاحظاتك وحساباتك تدعم استخدام غاز ثاني أكسيد الكربون في إخماد الحرائق؟ فسر إجابتك.

الغازات الحقيقية مقابل المثالية

ما الذي يعنيه المصطلح غاز مثالي ؟ الغازات المثالية تتبع فرضيات نظرية الحركة الجزيئية. ووفقًا لهذه النظرية، فإن الغاز المثالي هو الغاز الذي لا تشغل جسيماته حيزاً من الفراغ. الغازات المثالية ليس لديها قوى تجاذب بين جسيماتها ولا تنجذب أو تتنافر مع جدران الأوعية الموجودة فيها. تتحرك جسيمات الغاز المثالي بسرعة ثابتة وبعشوائية في خطوط مستقيمة حتى تصطدم ببعضها أو مع جدران الوعاء. وبالإضافة إلى ذلك، فإن هذه التصادمات تكون مرنة بشكل مثالي، ما يعني أن الطاقة الحركية للنظام لا تتغير. يتبع الغاز المثالي قوانين الغازات في جميع ظروف درجة الحرارة والضغط.

وفي الواقع، لا يوجد غاز مثالي تمامًا. كل جسيمات الغازات لها حجم معين ومع ذلك فهو حجم صغير والجسيمات تتجاذب فيما بينها. أيضًا، التصادمات التي تحدثها الجسيمات مع بعضها البعض ومع الحاوية ليست مرنة بشكل مثالي. ورغمًا عن ذلك، فإن معظم الغازات ستسلك سلوك الغازات المثالية على نطاق واسع من درجات الحرارة والضغط. وفي ظل الظروف المناسبة، فإن الحسابات التي جرت باستخدام قانون الغاز المثالي تقترب جداً من القياسات التجريبية.

التأكد من فهم النص **فسّر** العلاقة بين نظرية الحركة الجزيئية والغاز المثالي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

استراتيجيات | حل المسائل

اشتقاق قوانين الغازات

إذا أتقنت الإستراتيجية التالية، فستحتاج إلى تذكر قانون واحد فقط للغاز—وهو قانون الغاز المثالي. تذكر مثال : إذا كانت كمية الغاز ثابتة وعند ضغط ثابت؛ فأنت بحاجة إلى قانون شارل لحل مسائل تشتمل على الحجم ودرجة الحرارة.

1. استخدم قانون الغاز المثالي في كتابة معادلتين تصفان عينة من الغاز عند حجمين ودرجتي حرارة مختلفين. (الكميات التي لا تتغير موضّحة باللون الأحمر).
2. اجعل الحجم ودرجة الحرارة—الظرفان اللذان يختلفان—على نفس الطرف من كل معادلة.
3. حيث أن n و R و P ثوابت في ظل هذه الظروف، فإنه يمكنك اشتقاق قانون شارل.

$$PV_1 = nRT_1 \qquad PV_2 = nRT_2$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{nR}{P} \qquad \frac{V_2}{T_2} = \frac{nR}{P}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

تطبيق الإستراتيجية

اشتق قانوني بويل وجاي لوساك والقانون العام للغازات بناءً على المثال أعلاه.

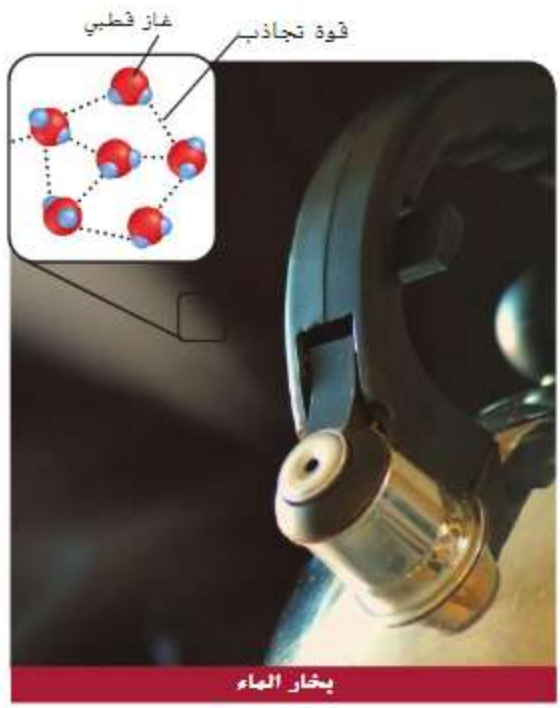
ضغط عالي ودرجة حرارة منخفضة متى لا ينطبق قانون الغاز المثالي على الأرجح على الغاز الحقيقي؟ تنحرف الغازات الحقيقية كثيراً عن سلوك الغاز المثالي عند الضغوط العالية ودرجات الحرارة المنخفضة. غاز النيتروجين في الصهاريج الموضحة في **الشكل 8** يسلك سلوك الغاز الحقيقي. ينتج عن خفض درجة حرارة غاز النيتروجين طاقة حركية أقل لجسيمات الغاز، ما يعني أن قوى التجاذب بين الجزيئات تصبح قوية كفاية للتأثير على سلوكها. عندما تكون درجة الحرارة منخفضة كفاية، فإن هذا الغاز الحقيقي يتكثف ليشكل سائلاً. غاز البروبان في الصهاريج والموضّح في **الشكل 8** يسلك أيضًا سلوك الغاز الحقيقي. زيادة الضغط على غاز ما يجبر جسيمات الغاز من الاقتراب من بعضها البعض حتى يصبح الحجم الذي تشغله جسيمات الغاز أنفسها معتبرًا أي لا يمكن إهماله. الغازات الحقيقية مثل البروبان تتحول إلى سوائل إذا أثر عليها ضغط كافٍ.

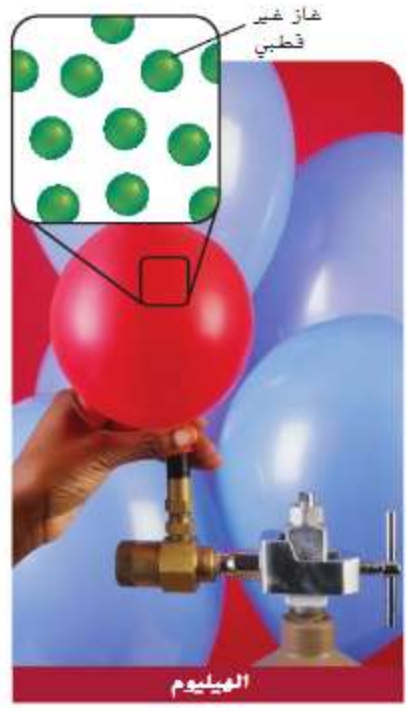
يتحول غاز النيتروجين إلى سائل عند درجة حرارة 196°C−. وعند درجة الحرارة هذه، يمكن للعلماء حفظ العينات البيولوجية، مثل أنسجة الجسم، للأبحاث المستقبلية أو الإجراءات الطبية.

يمكن تخزين 270 ضعفًا من الكمية الغازية من البروبان على شكل سائل في الحجم نفسه. قد تستخدم أسرتك أسطوانات صغيرة من البروبان السائل على شكل وقود لأغراض الشواء في الهواء الطلق أو أسطوانات أكبر حجمًا للتسخين والطبخ.

■ **الشكل 8** لا تتبع الغازات الحقيقية قانون الغاز المثالي في كل الضغوط ودرجات الحرارة.

حقوق الطبع والنشر محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education ©





■ **الشكل 9** في الغاز غير القطبي، يوجد حد أدنى من التجاذب بين الجسيمات. بينما في الغازات القطبية، مثل بخار الماء، توجد قوى تجاذب قوية بين جسيماتها.

استدل بافتراض أن حجم الجسيمات مهمل، فكيف يمكن مقارنة الضغط المقاس لعينة من الغاز بين جسيماته قوى تجاذب قوية بالضغط المتوقع بتطبيق قانون الغاز المثالي

القطبية وحجم الجزيئات طبيعة الجسيمات المكونة للغاز تؤثر أيضًا على الكيفية التي يتصرف بها الغاز بطريقة مثالية. على سبيل المثال، جزيئات الغاز القطبية، مثل بخار الماء، عمومًا يكون لها قوى تجاذب أقوى بين جسيماتها من الغازات غير القطبية، مثل الهيليوم. تنجذب الأطراف المختلفة في الشحنة للجزيئات القطبية نحو بعضها من خلال قوى كهروستاتيكية، كما هو موضح في **الشكل 9**. وبالتالي، فإن الغازات القطبية لا تسلك سلوك الغازات المثالية. أيضًا، فإن جسيمات الغازات المكونة من جزيئات غير قطبية أكبر حجمًا، مثل البيوتان (C_4H_{10})، تشغل حجمًا فعليًا أكبر من العدد نفسه من جسيمات أصغر حجمًا في غازات مثل الهيليوم (He). وبالتالي، فإن جسيمات الغاز الأكبر حجمًا تميل إلى أن تظهر انحرافًا أكبر عن السلوك المثالي من جسيمات الغاز الأصغر حجمًا.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- ينص مبدأ أفوجادرو على أن الأحجام المتساوية من الغازات تحتوي عند نفس الضغط ودرجة الحرارة على أعداد متساوية من الجسيمات.
- يربط قانون الغاز المثالي كمية الغاز مع ضغطة ودرجة حرارته وحجمه.
- يمكن استخدام قانون الغاز المثالي في إيجاد الكتلة المولية للغاز إذا كانت كتلة الغاز معلومة أو حساب كثافة الغاز إذا كانت الكتلة المولية معلومة.
- في ظل الضغوط المرتفعة جداً ودرجات الحرارة المنخفضة جداً، تسلك الغازات الحقيقية سلوكًا مختلفًا عن الغازات المثالية.

31. الفكرة **الرئيسة فسّر** لماذا يعتبر مبدأ أفوجادرو صحيحًا مع الغازات المثالية التي لها جسيمات صغيرة والغازات المثالية التي لها جسيمات كبيرة.
32. **اكتب** معادلة قانون الغاز المثالي.
33. **حلل** كيف ينطبق قانون الغاز المثالي على الغازات الحقيقية باستخدام نظرية الحركة الجزيئية.
34. **تنبأ** الظروف التي قد ينحرف فيها الغاز الحقيقي عن السلوك المثالي.
35. **اكتب** الوحدات الشائعة لكل متغير في قانون الغاز المثالي.
36. **احسب** دورق حجمه 2.00 L مملوءة بغاز البروبان (C_3H_8) عند ضغط 1.00 atm ودرجة حرارة 15.0°C−. فما كتلة البروبان في الدورق؟
37. **ارسم رسمًا بيانيًا واستخدمه** مع كل انخفاض قدره 6°C في درجة الحرارة، ينخفض ضغط الهواء في إطارات السيارة بمقدار 1 psi (14.7 psi = 1.00 atm). قم بعمل رسم بياني يوضح التغير في الضغط من 20°C إلى 20°C− (افترض أن الضغط يساوي 30.0 psi عند 20°C).

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الحسابات الكيميائية للغازات

القسم 3

الفكرة الرئيسة عندما تتفاعل الغازات فإن معاملات المواد المتفاعلة والناتجة في المعادلة الكيميائية الموزونة تحدد كميات المولات ونسبها والنسب الحجمية لتلك المواد.

الأسئلة الرئيسة

- ما هي النسب التي يمكن تحديدها للمتفاعلات والنواتج الغازية من المعادلات الكيميائية الموزونة؟
- كيف يتم حساب كميات المتفاعلات والنواتج الغازية في تفاعل كيميائي؟

مراجعة المفردات

المعامل coefficient: الرقم المكتوب أمام المواد المتفاعلة أو الناتجة في معادلة كيميائية موزونة والذي يدل على أصغر عدد من جسيمات المادة الموجودة في التفاعل

الكيمياء في حياتك

لصنع الكعك، يجب إضافة المكونات بالنسب الصحيحة. وبطريقة مماثلة، فإن النسب الصحيحة للمواد المتفاعلة مطلوبة في التفاعل الكيميائي للحصول على النواتج المطلوبة.

الحسابات الكيميائية للتفاعلات المشتملة على غازات

يمكن تطبيق قوانين الغازات في الحسابات الكيميائية للتفاعلات التي تكون فيها الغازات مواد متفاعلة أو نواتج. تذكر أن المعاملات في المعادلات الكيميائية تمثل الكميات المولية من المواد المشاركة في التفاعل. على سبيل المثال، يمكن أن يتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين لإنتاج بخار الماء.

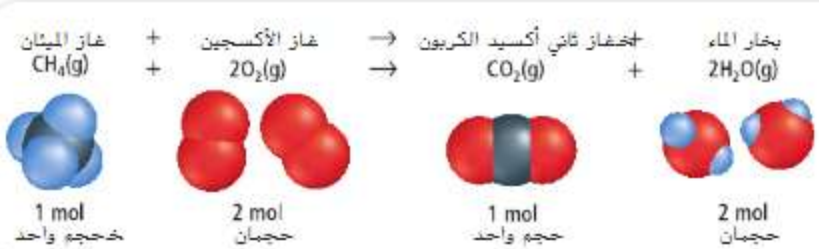
$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$$

من المعادلة الكيميائية الموزونة، تعلم أن 2 mol من غاز الهيدروجين يتفاعل مع 1 mol من غاز الأكسجين وينتج عنه 2 mol من بخار الماء. وهذا يخبرك بالنسب المولية للمواد في هذا التفاعل. ينص مبدأ أفوجادرو على أن الأحجام المتساوية من الغازات عند نفس درجة الحرارة والضغط تحتوي على العدد نفسه من الجسيمات. وبالتالي، فإنه بالنسبة للغازات، المعاملات في معادلة كيميائية موزونة لا تمثل الكميات المولية فقط، بل أيضًا الأحجام النسبية. وبالتالي، فإن 2 L من غاز الهيدروجين تتفاعل مع 1 L من غاز الأكسجين لإنتاج 2 L من بخار الماء.

حسابات الحجم-الحجم

لإيجاد حجم مادة متفاعلة غازية في تفاعل أو أحد نواتجه، يجب أن تعلم المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل وحجم غاز واحد آخر على الأقل مشترك في التفاعل. تحقق من التفاعل في **الشكل 10** والذي يوضح احتراق الميثان ويحدث هذا التفاعل في كل مرة تشغل فيها موقد بنزن.

ولأن المعاملات التي تمثل نسب الحجم للغازات المشاركة في التفاعل، يمكنك تحديد أنه يلزم 2 L من الأكسجين لتتفاعل بالكامل مع 1 L من الميثان. احتراق 1 L بالكامل من الميثان سينتج عنه 1 L من ثاني أكسيد الكربون و 2 L من بخار الماء.



■ **الشكل 10** المعاملات في معادلة موزونة توضح العلاقات بين أعداد المولات لكل المواد المتفاعلة والنواتج والعلاقات بين أحجام أي مواد متفاعلة أو نواتج غازية. ومن هذه المعاملات، يمكن حساب نسب الحجم لأي زوج من الغازات في التفاعل.

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف © محفوظة

تذكّر أن ظروف درجة الحرارة والضغط غير مذكورة. ونحن لسنا بحاجة إليها ونحن بصدد إجراء الحسابات لأنه بعد الخلط، يكون كلا الغازين عند درجة الحرارة والضغط نفسيهما. قد تتغير درجة الحرارة بالكامل أثناء التفاعل ولكن التغير في درجة الحرارة سيؤثر على كل الغازات في التفاعل بنفس الطريقة. ولذلك، فأنت لست بحاجة إلى مراعاة ظروف الضغط ودرجة الحرارة.

مثال 7

مسائل الحجم – الحجم ما الحجم المطلوب من غاز الأكسجين لاحتراق 4.00 L من غاز البروبان بالكامل (C_3H_8)؟ افترض ثبات الضغط ودرجة الحرارة.

1 تحليل المسألة

معلوم لديك حجم المادة المتفاعلة الغازية في تفاعل كيميائي. تذكر أن المعامل في معادلة كيميائية موزونة يوفر علاقات الحجم بين المواد المتفاعلة والنواتج.

معلوم	مجهول
$V_{C_3H_8} = 4.00\ L$	$V_{O_2} = ?\ L$

2 حساب المجهول

استخدم المعادلة الموزونة لاحتراق C_3H_8. جد النسبة الحجمية بين C_3H_8 و O_2، ثم احسب حجم الأكسجين.

$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$ **اكتب المعادلة الموزونة**

$\frac{5 \text{ أحجام } O_2}{\text{حجم واحد } C_3H_8}$ **أوجد النسبة الحجمية بين C_3H_8 و O_2**

$V_{O_2} = (4.00\ L\ C_3H_8) \times \frac{5\ \text{حجم } O_2}{\text{حجم واحد } C_3H_8}$ **ضرب الحجم المعلوم من C_3H_8 في النسبة الحجمية لإيجاد حجم O_2.**

$= 20.0\ L\ O_2$

3 تقييم الإجابة

المعاملات في معادلة الاحتراق توضح أن حجم O_2 أكبر كثيرًا من حجم C_3H_8 وهذا يتوافق مع الإجابة. الوحدة المذكورة في الإجابة هي اللترات وهي وحدة الحجم ويوجد ثلاثة أرقام معنوية.

تطبيقات

38. كم عدد لترات غاز البروبان (C_3H_8) التي سيتم احتراقها بالكامل بوجود 34.0 L من غاز الأكسجين؟
39. حدد حجم غاز الهيدروجين المطلوب للتفاعل تمامًا مع 5.00 L من غاز الأكسجين لتكوين الماء.
40. ما حجم الأكسجين المطلوب لاحتراق 2.36 L من غاز الميثان بالكامل (CH_4)؟
41. **تحدي** يتفاعل غاز النيتروجين مع غاز الأكسجين لتكوين غاز أحادي أكسيد ثنائي النيتروجين (N_2O). ما حجم O_2 المطلوب لإنتاج 34 L من N_2O؟

الكيمياء في الحياة اليومية

استخدام الحسابات الكيميائية

أفران النسب الصحيحة من الغازات مطلوبة لكثير من التفاعلات الكيميائية. وعلى الرغم من استخدام الميثان في إشعال الكثير من أفران الخزف، فإنه يمكن استخدام خليط دقيق من البروبان والهواء لإشعال الفرن في حالة عدم توفر الميثان.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 11** تعد الأمونيا أساسية في إنتاج الأسمدة التي تحتوي على النيتروجين. المستويات الملائمة من النيتروجين في التربة تؤدي إلى زيادة إنتاج المحاصيل.

حسابات الحجم-الكتلة

الربط بعلم الأحياء ما تعلمته عن الحسابات الكيميائية يمكن تطبيقه على إنتاج الأمونيا (NH_3) من غاز النيتروجين (N_2). يستخدم مصنعو الأسمدة الأمونيا في صناعة الأسمدة النيتروجينية، فالنيتروجين عنصر أساسي لنمو النبات. الموارد الطبيعية للنيتروجين في التربة، مثل تثبيت النيتروجين بواسطة النباتات وتفكك المادة العضوية وفضلات الحيوانات، لا توفر دائمًا نيتروجين كافيًا للحصول على محاصيل زراعية مثالية. **الشكل 11** يوضح مزارعًا يستخدم سماداً غنيًا بالنيتروجين في التربة. وهذا يمكّن المزارع من إنتاج محصول ذات إنتاجية عالية.

مثال 8 يوضح كيفية استخدام حجم من غاز النيتروجين لإنتاج كمية معينة من الأمونيا. وفي حل هذا النوع من المسائل، تذكر أن المعادلة الكيميائية الموزونة تسمح لك بإيجاد نسب المولات والحجوم النسبية للغازات وليس الكتل. يجب تحويل كل الكتل المعلومة إلى مولات أو حجوم قبل استخدامها كجزء من نسبة. أيضًا، تذكر أن وحدات درجة الحرارة المستخدمة يجب أن تكون الكلفن.

المفردات

المفردات الأكاديمية

النسبة

هي العلاقة بين شيئين من حيث الكمية. في جزيء الماء، نسبة الهيدروجين إلى الأكسجين 2:1.

مثال 8

مسائل الحجم-الكتلة يتم تصنيع الأمونيا من الهيدروجين والنيتروجين.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

إذا كان 5.00 L من النيتروجين يتفاعل بالكامل مع الهيدروجين عند ضغط مقداره 3.00 atm ودرجة حرارة 298 K، فما هو مقدار الأمونيا، بالجرامات، الناتج؟

1 تحليل المسألة

معلوم لديك حجم وضغط ودرجة حرارة عينة من الغاز. نسب المول والحجم للمواد المتفاعلة والنواتج الغازية معلومة من خلال المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة. يمكن تحويل الحجم إلى مولات ومن ثم إيجاد علاقة مع الكتلة باستخدام الكتلة المولية وقانون الغاز المثالي.

معلوم	مجهول
$V_{N_2} = 5.00\ L$	$m_{NH_3} = ?\ g$
$P = 3.00\ atm$	
$T = 298\ K$	

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

2 حساب المجهول

حدد عدد لترات الأمونيا الغازية الناتجة من 5.00 L غاز النيتروجين.

أوجد النسبة الحجمية بين N_2 و NH_3 باستخدام المعادلة الموزونة.

$$\frac{\text{حجم واحد } N_2}{\text{حجمان } NH_3}$$

ضرب الحجم المعلوم من N_2 في النسبة الحجمية لإيجاد حجم NH_3.

$$5.00\ \text{L}\ \cancel{N_2}\left(\frac{\text{حجمان } NH_3}{\text{حجم واحد } \cancel{N_2}}\right) = 10.0\ \text{L}\ NH_3$$

استخدام قانون الغاز المثالي. أوجد قيمة n واحسب عدد مولات NH_3.

اكتب قانون الغاز المثالي.

$$PV = nRT$$

أوجد قيمة n

$$n = \frac{PV}{RT}$$

عوّض $P = 3.00\ \text{atm}$, $V_{NH_3} = 10.0\ \text{L}$, $T = 298\ \text{K}$

$$n = \frac{(3.00\ \text{atm})(10.0\ \text{L})}{\left(0.0821\ \frac{\text{L·atm}}{\text{mol·K}}\right)(298\ \text{K})}$$

$$n = \frac{(3.00\ \cancel{\text{atm}})(10.0\ \cancel{\text{L}})}{\left(0.0821\ \frac{\cancel{\text{L·atm}}}{\text{mol·}\cancel{\text{K}}}\right)(298\ \cancel{\text{K}})} = 1.23\ \text{mol}\ NH_3$$

أوجد الكتلة الجزيئية للمركب NH_3

$$M = \left(\frac{1\ \cancel{\text{N ذرات}} \times 14.01\ \text{amu}}{1\ \cancel{\text{N ذرات}}}\right) + \left(\frac{3\ \cancel{\text{H ذرات}} \times 1.01\ \text{amu}}{1\ \cancel{\text{H ذرات}}}\right)$$

$$= 17.04\ \text{amu}$$

عبّر عن الكتلة المولية بوحدات g/mol

$$M = 17.04\ \text{g/mol}$$

تحويل مولات الأمونيا إلى جرامات من الأمونيا.

استخدم الكتلة المولية للأمونيا باعتبارها معامل تحويل.

$$1.23\ \cancel{\text{mol NH}_3} \times \frac{17.04\ \text{g}\ NH_3}{1\ \cancel{\text{mol NH}_3}} = \mathbf{21.0\ \text{g}\ NH_3}$$

3 تقييم الإجابة

للتحقق من إجابتك، احسب حجم النيتروجين المتفاعل عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP. ثم، استخدم الحجم المولي والنسبة المولية بين N_2 و NH_3 لتحديد عدد مولات NH_3 التي تم إنتاجها. الوحدة في الإجابة هي الجرامات وهي وحدة الكتلة. يوجد ثلاثة أرقام معنوية.

تطبيقات

42. نيترات الأمونيوم مكون شائع الاستخدام في الأسمدة الكيميائية. استخدم التفاعل الموضّح لحساب كتلة نيترات الأمونيوم الصلبة التي يجب استخدامها للحصول على 0.100 L من غاز أحادي أكسيد ثنائي النيتروجين عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.

$$NH_4NO_3(s) \rightarrow N_2O(g) + 2H_2O(g)$$

43. عند تسخين كربونات الكالسيوم الصلبة ($CaCO_3$) فإنها تتفكك لتكون أكسيد الكالسيوم الصلب (CaO) وغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2). كم عدد لترات ثاني أكسيد الكربون التي سيتم إنتاجها عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP إذا كان 2.38 kg من كربونات تتفكك بالكامل؟

44. عندما يصدأ الحديد، فإنه يمر بتفاعل مع الأكسجين لتكوين أكسيد الحديد(III).

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)$$

احسب حجم غاز الأكسجين عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP اللازم ليتفاعل تمامًا مع 52.0 g من الحديد.

45. تحدي تتم إضافة كمية وافرة من حمض الأسيتيك إلى 28 g من كربونات الصوديوم الهيدروجينية عند درجة حرارة 25°C وضغط مقداره 1 atm. وأثناء التفاعل، يبرد الغاز ليصل إلى 20°C. فما هو حجم ثاني أكسيد الكربون الناتج؟ المعادلة الموزونة للتفاعل موضّحة أدناه.

$$NaHCO_3(aq) + CH_3COOH(aq) \rightarrow NaCH_3COO(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 12** لصناعة منتج بفاعلية، مثل كثير من هذه المواد البلاستيكية،فإنه من الضروري الإجابة على الأسئلة التالية: ما هي الكمية التي ينبغي شراؤها من المادة المتفاعلة؟ ما هي الكمية التي سيتم إنتاجها من المنتج؟

مسائل الحسابات الكيميائية، مثل المذكورة في هذا القسم، تعتمد عليها العمليات الصناعية. على سبيل المثال، غاز الإيثين (C_2H_4)، يسمى أيضًا بالإيثيلين وهو المادة الخام لصناعة بوليمرات البولي إيثيلين. يتم إنتاج البولي إيثيلين عندما يرتبط عدد كبير من جزيئات الإيثين مع بعضها في سلاسل متكررة من وحدات $-CH_2-CH_2-$. ويتم استخدام هذه البوليمرات في صناعة الكثير من مستلزمات الحياة اليومية، مثل الموضّحة في **الشكل 12**. الصيغة العامة لتفاعل البلمرة هذا موضّح أدناه. في هذه الصيغة n هو عدد الوحدات المستخدمة.

$$n(C_2H_4)(g) \rightarrow -(CH_2-CH_2)n-(s)$$

إذا كنت مهندس إنتاج في مصنع لتصنيع البولي إيثيلين، فستحتاج إلى معرفة خصائص غاز الإيثين وتفاعل البلمرة. معرفة قوانين الغازات ستساعدك في حساب كل من كتلة وحجم المادة الخام المطلوبة تحت ظروف الحرارة والضغط المختلفة لصناعة أنواع مختلفة من البولي إيثيلين.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- المعاملات في معادلة كيميائية موزونة تحدد النسب الحجمية للمواد المتفاعلة والنواتج الغازية.
- يمكن استخدام قوانين الغازات سويًا مع المعادلات الكيميائية الموزونة لحساب كميات الغازات المتفاعلة أو الناتجة في أحد التفاعلات.

46. الفكرة **الرئيسة احسب** عندما يتحد غاز الفلور مع بخار الماء، يحدث التفاعل التالي:

$$2F_2(g) + 2H_2O(g) \rightarrow O_2(g) + 4HF(g)$$

إذا بدأ التفاعل بمقدار 2 L من غاز الفلور، فكم عدد لترات بخار الماء المتفاعلة معه وكم عدد لترات الأكسجين وفلوريد الهيدروجين الناتجين؟

47. **حلل** هل يتناسب حجم الغاز طرديًا أم عكسيًا مع عدد مولات الغاز في حالة ثبات درجة الحرارة والضغط؟ فسر إجابتك.

48. **احسب** المول الواحد من الغاز يشغل حجمًا قدره 22.4 L عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP. احسب ظروف درجة الحرارة والضغط المطلوبة لوضع 2 mol من الغاز في حجم مقداره 22.4 L.

49. **فسّر البيانات** غاز الإيثين (C_2H_4) يتفاعل مع الأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون والماء. اكتب معادلة موزونة لهذا التفاعل، ثم أوجد النسب المولية للمواد على كل طرف من طرفي المعادلة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الكيمياء والصحة

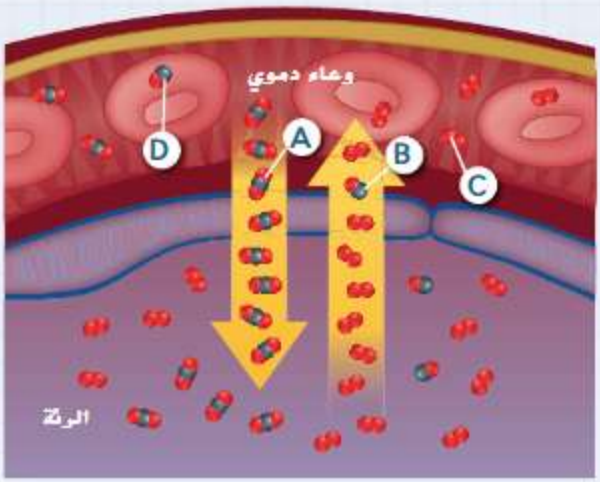
الصحة والضغط

أنت تعيش وتعمل وتلعب في الهواء الذي ضغطه عمومًا 1 atm ونسبة الأكسجين فيه 21%. فهل تساءلت يومًا ما الذي يمكن أن يحدث إذا كان مقدار الضغط والأكسجين في الهواء أكبر من ذلك؟ هي ستتعافى من المرض أو الإصابة أسرع بكثير؟ تقع هذه الأسئلة في الصميم من طب المعالجة بالضغط العالي.

المعالجة بالضغط العالي البادئة (*hyper*–) تعني عاليًا أو مفرطًا والبار هو وحدة قياس الضغط وتساوي 100 kPa وهي تمثل الضغط الجوي العادي. وبالتالي فإن المصطلح *hyperbaric* (عالي الضغطية) يشير إلى الضغط الأعلى من العادي. المرضى الخاضعون للمعالجة بالضغط العالي يتعرضون لضغوط أعلى من الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر.

العلاقة بالأكسجين الضغط الأعلى في أغلب الأحيان يكون مصحوبًا بزيادة في تركيز الأكسجين الذي يتلقاه المريض. والمعالجة بالأكسجين المضغوط (HBOT) يشير إلى المعالجة بنسبة 100% أكسجين. **الشكل 1** يبين غرفة يمكن استخدامها في HBOT. يمكن أن تصل الضغوط في غرفة الضغط العالي من خمسة إلى ستة أضعاف الضغط الجوي العادي. وفي مراكز المعالجة بالضغط العالي، يتم استخدام HBOT لعلاج قطاع عريض من الحالات، بما في ذلك الحروق ومرض تخفيف الضغط أو مرض الغواص والجروح بطيئة الالتئام وفقر الدم وبعض الأمراض المعدية.

الشكل 1 أثناء HBOT يرقد المريض في غرفة الضغط العالي. يتحكم الفني في مستويات الضغط والأكسجين.



الشكل 2 تبادل الغازات بين الرئتين والجهاز الدوري.

علاج التسمم بغاز أول أكسيد الكربون الشكل2 يساعدك على فهم الكيفية التي يساعد بها HBOT في الاستشفاء من التسمم بأول أكسيد الكربون.

تبادل غاز طبيعي الأكسجين (O_2) ينتقل من الرئتين إلى الدم ويتحد مع الهيموجلوبين في خلايا الدم الحمراء. ثاني أكسيد الكربون (CO_2) يتحرر، كما هو موضّح في الشكل **A**.

تبادل غاز غير طبيعي إذا دخل أول أكسيد الكربون (CO) إلى الدم، كما هو موضّح في الشكل **B**، فإنه يتحد مع الهيموجلوبين بدلاً من الأكسجين. ويبدأ موت الخلايا في الجسم نتيجة انعدام الأكسجين.

الأكسجين في بلازما الدم بالإضافة إلى الأكسجين الذي ينقله الهيموجلوبين، يذوب الأكسجين في بلازما الدم، كما هو موضّح في الشكل **C**. يزيد HBOT من تركيز الأكسجين المذاب ليصل إلى كمية يمكنها أن تدعم الجسم.

التخلص من أول أكسيد الكربون يساعد الأكسجين المضغوط أيضًا في التخلص من أول أكسيد الكربون المتحد مع الهيموجلوبين، كما هو موضّح في الشكل **D**.

الكتابة في ◀ الكيمياء

ابحث وأعد كتيبًا معلوماتيًا عن استخدام HBOT في علاج الجروح بطيئة الالتئام.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مختبر الكيمياء

تحديد الضغط في حبات الذرة

الخلفية: **عندما يصبح ضغط بخار الماء داخل حبة الذرة كبيراً بما يكفي، تتفجر الحبة وينطلق بخار الماء خارجًا منها. يمكن استخدام قانون الغاز المثالي لإيجاد الضغط في الحبة وقت تفجرها.**

السؤال: ما هو مقدار الضغط المطلوب لتنفجر حبة من الفشار؟

المواد

حبات من الذرة الصفراء (18-20)
زيت نباتي (1.5 mL)
شبكة تسخين مربعة (2)
موقد بنزن
حامل حلقي
حلقة حديدية صغيرة
مخبار مدرج 10mL
كأس 50mL
ماسك كأس
ميزان
ماء مقطّر
مناشف ورقية

احتياطات السلامة

الإجراءات

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. أنشئ جدولاً لتسجيل بياناتك.
3. ضع تقريبًا 5 mL من الماء المقطّر في المخبار المدرج وسجل الحجم.
4. ضع 18-20 من حبات الذرة في المخبار المدرج مع الماء. أحكم إغلاق المخبار بسدادة لمنع خروج أي فقاعات هواء من الحبوب. سجل الحجم الجديد.
5. قم بإزالة الحبات من المخبار المدرج وجففها.
6. ضع الحبات المجففة و 1.0-1.5 mL من الزيت النباتي في الكأس.
7. قم بقياس إجمالي كتلة الكأس والزيت والحبات.
8. قم بتنصيب موقد بنزن مع حامل حلقي وحلقة وشبكة التسخين.
9. ضع الكأس على سيكة التسخين والحلقة. ضع قطعة أخرى من شبكة التسخين على فوهة الكأس كما يظهر في الصورة.
10. قم برفق بتسخين الكأس بواسطة الموقد. حرك الموقد إلى الخلف وإلى الأمام لتسخين الزيت على نسق واحد.
11. لاحظ التغيرات في حبات الذرة والزيت أثناء التسخين، ثم قم بإطفاء الموقد عند تفجر الحبات وقبل أن تحترق.
12. باستخدام ماسك الكأس، قم بإزالة الكأس عن الحلقة واتركه يبرد تمامًا.

13. قم بقياس الكتلة النهائية للكأس والزيت والحبات بمجرد أن تبرد تمامًا.
14. **التنظيف والتخلص** تخلص من الحبات والزيت بحسب توجيهات المعلم. نظف وأعد كل معدات المختبر إلى مكانها الصحيح.

التحليل والنتائج

1. **احسب** حجم حبات الذرة باللترات، بإيجاد الفرق في حجم الماء المقطّر قبل وبعد إضافة الحبات.
2. **احسب** إجمالي كتلة بخار الماء المنطلق باستخدام قياسات كتلة الكأس والزيت والحبات قبل وبعد التسخين.
3. **حول** استخدم الكتلة المولية للماء لإيجاد عدد مولات الماء المتحرر.
4. **استخدام الصيغ** استخدم درجة حرارة الزيت المغلي (225°C) باعتبارها درجة حرارة الغاز وحجم حبات الذرة واحسب ضغط الغاز باستخدام قانون الغاز المثالي.
5. **قارن** بين الضغط الجوي وضغط بخار الماء في الحبات.
6. **استدل** لماذا لم تنفجر كل حبات الذرة؟
7. **تحليل الأخطاء** حدد مصدراً محتملاً لوقوع الخطأ في هذا المختبر واقترح طريقة لتصحيحه.

التوسع في الاستقصاء

صمم تجربة لاختبار مقدار الضغط اللازم لتفجر أنواع مختلفة من حبوب الذرة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 9 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة تستجيب الغازات بطرق متوقعة للتغيرات في الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات.

القسم 1 قوانين الغازات

الفكرة **الرئيسة** بالنسبة لمقدار ثابت من الغاز، التغير في متغير واحد—سواء كان الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم—يؤثر على المتغيرين الآخرين.

- ينص قانون بويل على أن حجم المقدار الثابت من الغاز يتناسب عكسيًا من الضغط الواقع عليه في حالة ثبات درجة الحرارة.

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

- ينص قانون شارل على أن حجم المقدار الثابت من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة بالكلفن في حالة ثبات الضغط.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

- ينص قانون جاي لوساك على أن ضغط المقدار الثابت من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة بالكلفن في حالة ثبات الحجم.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

- القانون العام للغازات يربط بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم في علاقة واحدة.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

المفردات

- **قانون بويل** (Boyle's law)
- **الصفر المطلق** (absolute zero)
- **قانون شارل** (Charles's law)
- **قانون جاي لوساك** (Gay-Lussac's law)
- **القانون العام للغازات** (combined gas law)

القسم 2 قانون الغاز المثالي

الفكرة **الرئيسة** يربط قانون الغاز المثالي عدد الجسيمات بالضغط ودرجة الحرارة والحجم.

- ينص مبدأ أفوجادرو على أن الأحجام المتساوية من الغازات تحتوي عند نفس الضغط ودرجة الحرارة على أعداد متساوية من الجسيمات.
- يربط قانون الغاز المثالي مقدار من غاز معين بالضغط الواقع عليه ودرجة الحرارة والحجم.

$$PV = nRT$$

- يمكن استخدام قانون الغاز المثالي في إيجاد الكتلة المولية للغاز إذا كانت كتلة الغاز معلومة أو حساب كثافة الغاز إذا كانت الكتلة المولية معلومة.

$$M = \frac{mRT}{PV} \quad D = \frac{MP}{RT}$$

- تحت الضغوط المرتفعة جداً وعند درجات الحرارة المنخفضة جداً، تسلك الغازات الحقيقية سلوكًا مختلفًا عن الغازات المثالية.

المفردات

- **مبدأ أفوجادرو** (Avogadro's principle)
- **الحجم المولي** (molar volume)
- **الضغط ودرجة الحرارة القياسيان** (standard temperature and pressure (STP))
- **ثابت الغاز المثالي (R)** (ideal gas constant)
- **قانون الغاز المثالي** (ideal gas law)

القسم 3 الحسابات الكيميائية للغاز

الفكرة **الرئيسة** عندما تتفاعل الغازات فإن معاملات المواد المتفاعلة والناتجة في المعادلة الكيميائية الموزونة تحدد كميات المولات ونسبها والنسب الحجمية لتلك المواد.

- المعاملات في معادلة كيميائية موزونة تحدد النسب الحجمية للمتفاعلات والنواتج الغازية.
- يمكن استخدام قوانين الغاز سويًا مع المعادلات الكيميائية الموزونة لحساب كميات الغازات المتفاعلة أو الناتجة في تفاعل ما.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

إتقان المفاهيم

50. اكتب نصوص قوانين بويل وشارل وجاي لوساك والقانون العام للغازات واكتب المعادلة التي تمثل كل منها.

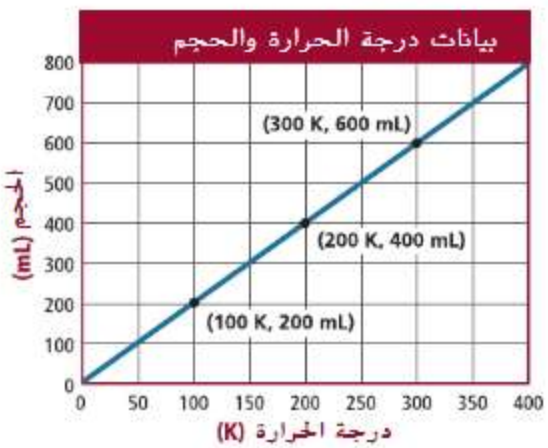
51. إذا كان متغيران يتناسبان عكسيًا، فما الذي يحدث لقيمة أحدهما إذا زادت قيمة الآخر؟

52. إذا كان متغيران يتناسبان طرديًا، فما الذي يحدث لقيمة أحدهما إذا زادت قيمة الآخر؟

53. اذكر الظروف القياسية لإجراء حسابات الغازات.

54. حدد الوحدات الشائعة لكل من، V و P و T.

إتقان حل المسائل



■ الشكل 13

55. استخدم قانون شارل لتحديد دقة البيانات الموجودة في **الشكل 13**.

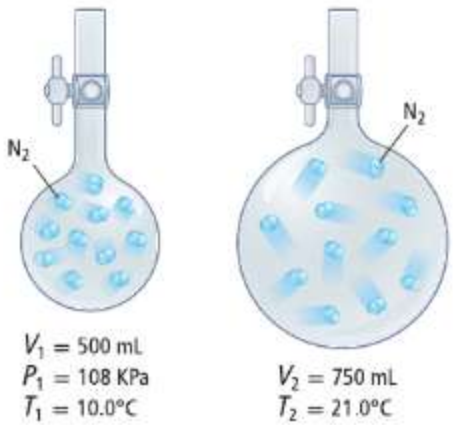
56. **بالونات الطقس** يتم تعبئة بالون الطقس بغاز الهيليوم والذي يشغل حجمًا مقداره 5.00×10^4 L عند ضغط جوي 0.995 atm ودرجة حرارة 32.0°C. وبعد إطلاقه، يصل إلى ارتفاع يكون الضغط الجوي فيه 0.720 atm ودرجة الحرارة −12.0°C. فما حجم البالون عند الارتفاع الجديد؟

57. استخدم قانون بويل أو قانون شارل أو قانون جاي لوساك في حساب القيمة المفقودة في كل مما يلي:

a. $V_1 = 2.0$ L, $P_1 = 0.82$ atm, $V_2 = 1.0$ L, $P_2 = ?$
b. $V_1 = 250$ mL, $T_1 = ?$, $V_2 = 400$ mL, $T_2 = 298$ K
c. $V_1 = 0.55$ L, $P_1 = 740$ mm Hg, $V_2 = 0.80$ L, $P_2 = ?$

58. **بالونات الهواء الساخن** عينة من الهواء تشغل 2.50 L عند درجة حرارة 22.0°C. فما الحجم الذي ستشغله هذه العينة داخل بالون من الهواء الساخن عند درجة حرارة 43.0°C؟ افترض استمرار ثبات الضغط داخل البالون.

59. ما ضغط حجم ثابت من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة 30.0°C إذا كان ضغطه 1.11 atm عند درجة حرارة 15.0°C؟



■ الشكل 14

60. عينة من غاز النيتروجين تنقل إلى دورق أكبر حجمًا، كما هو موضّح في **الشكل 14**. فما ضغط النيتروجين في الدورق الثاني؟

القسم 2

61. اكتب نص مبدأ أفوجادرو.

62. اكتب نص قانون الغاز المثالي.

63. ما الحجم الذي يشغله 1 mol من الغاز عند الحرارة والضغط القياسيين STP؟ ما الحجم الذي يشغله 2 mol عند الحرارة والضغط القياسيين STP؟

64. عرّف المصطلح الغاز المثالي وفسّر سبب عدم وجود غازات مثالية حقيقية في الطبيعة.

65. اذكر شرطين يسلك فيهما الغاز سلوكًا مختلفًا كليًا عن سلوك الغاز المثالي.

66. ما الوحدات التي يجب استخدامها للتعبير عن درجة الحرارة في معادلة قانون الغاز المثالي؟ فسر جابتك.

إتقان حل المسائل

67. **الوقود المنزلي** البروبان (C_3H_8) هو غاز يشيع استخدامه كوقود منزلي لأغراض الطبخ والتسخين.
   a. احسب الحجم الذي يشغله 0.540 mol من البروبان عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.
   b. فكر في مقدار هذا الحجم ومقدار ما يحتويه من بروبان. لماذا في اعتقادك تتم إسالة البروبان عادةً قبل نقله؟

68. **مهن في الكيمياء** قام عالم كيمياء فيزيائية بقياس أقل ضغط محقق في المختبر ووجد أنه يساوي — حوالي 1.0×10^{-15} mm Hg. كم عدد جزيئات الغاز الموجودة في عينة حجمها 1.00 L عند هذا الضغط إذا كانت درجة حرارة العينة 22.0°C؟

69. احسب عدد مولات غاز O_2 المحفوظ في صهريج مغلق حجمه 2.00 L وضغطه 3.50 atm ودرجة حرارة 25.0°C. كم عدد المولات في الصهريج إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 49.0°C مع ثبات الضغط؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

70. **العطور** الجيرانيول عبارة عن مركب يوجد في الزهور ويستخدم في صنع العطور. ما الكتلة المولية للجيرانيول إذا كانت كثافة بخاره 0.480 g/L عند درجة حرارة 260.0°C وعند ضغط 0.140 atm؟

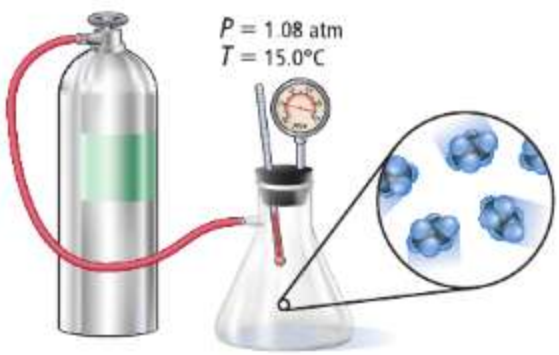
71. أوجد الحجم الذي يشغله 42 g من غاز أول أكسيد الكربون عند STP.

72. حدد كثافة غاز الكلور عند درجة حرارة 22.0°C وضغط 1.00 atm.

■ **الشكل 15**

73. أي الغازين في الشكل 15 يشغل الحجم الأكبر في الظروف القياسية STP؟ فسر إجابتك.

74. إذا كان الوعاءان في **الشكل 15** بكل منهما 4.00 L فما الضغط داخل كل منهما؟ افترض السلوك المثالي.



■ **الشكل 16**

75. ملئ دورق حجمه 2.00 L بغاز الإيثان (C_2H_6) من أسطوانة صغيرة، كما هو موضح في **الشكل 16**. ما كتلة الإيثان في الدورق؟

76. ما كثافة عينة من غاز النيتروجين (N_2) والتي تبذل ضغطًا قدره 5.30 atm في حاوية سعة 3.50 L عند درجة حرارة 125°C؟

77. كم عدد مولات غاز الهيليوم (He) المطلوبة لتعبئة حاوية سعة 22 L عند درجة حرارة 35°C وضغط 3.1 atm؟

78. قبل حدوث تفاعل وضع غازين في وعاء عند درجة حرارة 200 K. وبعد التفاعل، بقي الناتج في الوعاء نفسه عند درجة حرارة 400 K. فإذا كان كلًا من V و P ثابتين، فما قيمة n؟

القسم 3

إتقان المفاهيم

79. لماذا يجب وزن المعادلة قبل استخداميا في تحديد حجوم الغازات الموجودة في التفاعل؟

80. ليس من الضروري أن يؤخذ في الاعتبار درجة الحرارة والضغط عند استخدام معادلة موزونة لتحديد حجم الغاز النسبي. لماذا؟

81. ما المعلومات التي تحتاج إليها لحل مسألة الحجم–الكتلة والتي تتضمن غازات؟

82. فسّر السبب وراء كون المعاملات في معادلة كيميائية موزونة لا تمثل الكميات المولية فقط، بل أيضًا الأحجام النسبية للغازات.

83. هل المعاملات في معادلة كيميائية موزونة تمثل الحجوم النسبية للمواد الصلبة والسوائل؟ فسر إجابتك.

إتقان حل المسائل

84. **إنتاج الأمونيا** تتشكل الأمونيا غالبًا من تفاعل غازيّ الهيدروجين والنيتروجين. كم عدد لترات غاز الأمونيا التي يمكن أن تتشكل من 13.7 L من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة 93.0°C وضغط 40.0 kPa؟

85. عينة حجمها 6.5 L من كبريتيد الهيدروجين يتم معالجتها بحفاز لتسريع التفاعل الموضّح أدناه.

$$2H_2S(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + 2S(s)$$

فإذا كان H_2S يتفاعل تمامًا عند ضغط 2.0 atm ودرجة حرارة 290 K، فما مقدار بخار الماء الناتج بالجرامات؟

86. لإنتاج 15.4 L من ثاني أكسيد النيتروجين عند درجة حرارة 310 K وضغط 2.0 atm، فكم عدد اللترات المطلوبة من غازيّ النيتروجين والأكسجين؟

87. استخدم التفاعل الموضّح للإجابة عن الأسئلة التي تليه:

$$2CO(g) + 2NO(g) \rightarrow N_2(g) + 2CO_2(g)$$

a. ما نسبة حجم أول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون في المعادلة الموزونة؟

b. إذا كان 42.7 g من CO يتفاعل تمامًا عند الحرارة والضغط القياسيين STP، فما هو حجم غاز N_2 الناتج؟

88. عند احتراق 3.00 L من غاز البروبان تمامًا لتشكل بخار ماء وثاني أكسيد كربون عند درجة حرارة 350°C وضغط 0.990atm، فما كتلة بخار الماء الناتج؟

89. عند تسخينه، يتفكك كلورات البوتاسيوم الصلبة ($KClO_3$) ليشكل كلوريد البوتاسيوم الصلب وغاز الأكسجين. إذا تفككت 20.8 g من كلورات البوتاسيوم، فكم سيتكون من لترات غاز الأكسجين عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟

90. **اللحام** غاز الأستيلين، يستخدم غالبًا في أعمال اللحام ويحترق وفقًا للمعادلة التالية:

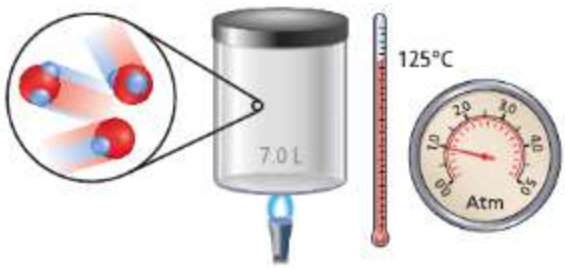
$$2C_2H_2(g) + 5O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + 4CO_2(g)$$

إذا كان لديك صهريج سعته 10.0 L من الأستيلين عند درجة حرارة 25.0°C وضغط 1.00 atm، فكم عدد مولات CO_2 الناتجة إذا أحرقت كل الأستيلين الموجود في الأسطوانة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مراجعة عامة

91. غاز الميثان (CH_4) يحترق تمامًا بالتفاعل مع غاز الأكسجين ليشكل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.
   a. اكتب معادلة موزونة لهذا التفاعل.
   b. ما نسبة حجم الميثان إلى الماء في هذا التفاعل؟



■ **الشكل 17**

92. احسب مقدار بخار الماء، بالجرامات، الذي يحتوي عليها الوعاء الموضّح في **الشكل 17**.

93. **التلفاز** حدد الضغط داخل أنبوب عرض الصورة التلفزيونية حجمه 3.50 L ويحتوي على 2.00×10^{-5} g من غاز النيتروجين عند درجة حرارة 22.0°C.

94. احسب عدد اللترات التي يمكن أن يشغلها 8.80 g من غاز ثاني أكسيد الكربون في كل من الظروف التالية:
   a. STP
   b. 3.00 atm و 160°C
   c. 118 kPa و 288 K

95. **استهلاك الأكسجين** إذا كان 5.00 L من غاز الهيدروجين، تم قياسها عند درجة حرارة 20.0°C وضغط 80.1 kPa واحترقت في جو مشبّع من الأكسجين لتكون ماء، فما كتلة الأكسجين المستهلكة؟ افترض ثبات درجة الحرارة والضغط.

96. مقدار ثابت من غاز الأكسجين محفوظ في صهريج سعة 1.00 L عند ضغط مقداره 3.50 atm. والصهريج متصل بصهريج فارغ سعة 2.00 L بواسطة أنبوب بصمام. وبعدها تم فتح الصمام وتم السماح بانتقال الأكسجين بحرية بين الصهريجين مع ثبات درجة الحرارة، فما الضغط النهائي في النظام؟

97. إذا كان 2.33 L من البروبان عند درجة حرارة 24°C وضغط 67.2 kPa تم إحراقها تمامًا في جو مشبّع بالأكسجين، فكم عدد مولات ثاني أكسيد الكربون الناتجة؟

98. **التنفس** يتنفس الإنسان حوالي 0.50 L من الهواء أثناء التنفس الطبيعي. افترض أن ظروف التنفس تقع في درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.
   a. ما حجم النفس الواحد في يوم بارد على قمة إيفرست؟ افترض أن درجة الحرارة −60°C والضغط 253 mm Hg.
   b. يحتوي الهواء عادةً على 21% أكسجين تقريبًا. إذا كان محتوى الهواء من O_2 تقريبًا 14% على قمة إيفرست، فما هو حجم الهواء الذي يحتاج أن يتنفسه الشخص لإمداد الجسم بنفس القدر من الأكسجين؟

التفكير الناقد

99. **تطبيق** بالون هيليوم ضخم في محل لبيع الزهور يجب ألا يقل حجمه عن 3.8 L لكي يرتفع في الهواء. عند إضافة 0.1 mol إلى البالون الفارغ، يصبح حجمه 2.8 L. كم عدد جرامات He التي يجب إضافتها لكي يجعله يرتفع في الهواء؟ افترض ثبات T و P.

100. **حساب** مصنع ألعاب يستخدم رباعي فلورو الإيثان ($C_2H_2F_4$) عند درجات حرارة عالية لتعبئة قوالب العرائس البلاستيكية.
   a. ما كثافة $C_2H_2F_4$ (g/L) عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟
   b. احسب عدد الجزيئات في اللتر الواحد من $C_2H_2F_4$ عند درجة حرارة 220°C وضغط 1.0 atm.

101. **تحليل** مكعب صلب من الثلج المجفف (CO_2) كتلته 0.75 kg. وبمجرد تسامي المكعب تمامًا إلى غاز CO_2، كم سيكون حجمه عند درجة الحرارة والضغط القياسيين STP؟

102. **تطبيق** احسب ضغط 4.67×10^{22} جزيئًا من غاز CO مختلطة مع 2.87×10^{24} جزيئًا من غاز N_2 في حاوية سعة 6.00L عند درجة حرارة 34.8°C.

103. **تحليل** عندما ينفجر النيتروجليسرين ($C_3H_5N_3O_9$)، فإنه يتفكك إلى الغازات التالية: CO_2, N_2, O_2, H_2O. إذا انفجر 239 g من النيتروجليسرين، فما حجم خليط الغازات الناتجة الذي سيتكون عند ضغط 1.00 atm ودرجة حرارة 2678°C؟

104. **رسم الرسوم البيانية واستخدامها** البيانات في **الجدول 3** توضح حجم غاز الهيدروجين المجمّع في عدة درجات حرارة مختلفة. اشرح هذه البيانات بأحد الرسوم البيانية. استخدم الرسم البياني لاستكمال الجدول. حدد درجة الحرارة التي عندها سيصل الحجم إلى قيمة 0 mL. ما اسم درجة الحرارة هذه؟

الجدول 3 حجم H_2 المجمّع

تجربة	T(°C)	V(mL)
1	300	48
2	175	37
3	110	
4	0	22
5		15
6	−150	11

105. **تطبيق** ما القيمة العددية لثابت الغاز المثالي عند استخدام الوحدات التالية: $\frac{cm^3 \cdot Pa}{mol \cdot K}$؟

106. **استدل** عند درجات الضغط المرتفعة جداً، هل سيكون الضغط المحسوب بقانون الغاز المثالي ضغط أعلى أو أقل من الضغط الفعلي المبذول على عينة من الغاز؟ كيف سيتم مقارنة الضغط المحسوب بالضغط الفعلي عند درجات الحرارة المنخفضة؟ فسر إجاباتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مسألة تحدي

107. **الخَبْز** يستخدم الخبّاز كربونات الصوديوم الهيدروجينية باعتبارها عامل نفخ لوصفته لخبز الخبز المنتفخ. تتفكك كربونات الصوديوم الهيدروجينية وفقًا للتفاعلات المحتملة التالية:

$$2NaHCO_3(s) \rightarrow Na_2CO_3(s) + H_2O(l) + CO_2(g)$$
$$NaHCO_3(s) + H^+(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g) + Na^+(aq)$$

احسب حجم CO_2 الذي يتشكل لكل جرام من $NaHCO_3$ في كل من التفاعلين. افترض أن التفاعلات تحدث عند درجة حرارة 210°C وضغط 0.985 atm.

مراجعة تراكمية

108. حوّل كل قياسات الكتل إلى ما يكافئها بـ kg:
a. 247 g
b. 53 mg
c. 7.23 mg
d. 975 mg

109. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل ذرة.
a. اليود
b. البورون
c. الكروم
d. الكريبتون
e. الكالسيوم
f. الكادميوم

110. بالنسبة لكل عنصر من العناصر التالية، حدد عدد الإلكترونات في كل مستوى من مستويات الطاقة وارسم الترميز النقطي للإلكترون. الإلكترون النقطي.
a. Kr
b. Sr
c. P
d. B
e. Br
f. Se

111. كم عدد ذرات كل عنصر في خمس وحدات صيغة ليبرمنجنات البوتاسيوم؟

112. لديك محلولين شفافين، يحتوي أحدهما على مركب أيوني ويحتوي الآخر على مركب تساهمي. كيف يمكنك أن تحدد المحلول الأيوني والمحلول التساهمي؟

113. اكتب معادلة موزونة للتفاعلات التالية:
a. يحل الخارصين محل الفضة في كلوريد الفضة.
b. يتفاعل هيدروكسيد الصوديوم وحمض الكبريتيك لتكوين كبريتات الصوديوم والماء.

114. حمض التيريفثاليك مركب عضوي يستخدم في تكوين البولي إسترات. وهو يضم 57.8% من C و 3.64% من H و 38.5% من O. كتلته المولية هي 166 g/mol تقريبًا. ما هي الصيغة الجزيئية لحمض التيريفثاليك؟

115. ما الغاز الذي تتميز جسيماته بأعلى سرعة؟ وما الغاز الذي تتميز جسيماته بأقل سرعة؟
a. أول أكسيد الكربون عند درجة حرارة 90°C
b. ثلاثي فلوريد النيتروجين عند درجة حرارة 30°C
c. الميثان عند درجة حرارة 90°C
d. أول أكسيد الكربون عند درجة حرارة 30°C

الكتابة في الكيمياء

116. **مناطيد الهواء الساخن** لطالما حلم الكثير من رواد الطيران بمناطيد الهواء الساخن للقيام برحلة طيران حول العالم وهو هدف لم يتحقق حتى العام 1999. اكتب عن رحلة تخيلتها بالمنطاد وكيف ستبدو، مع وصف لكيفية معالجة درجة الحرارة وكيف ستسمح لك بالتحكم في الارتفاع.

117. **جهاز الغوص تحت الماء** ابحث عن وظيفة المنظمات على صهاريج الهواء والتي يستخدمها الغواصون واشرحها.

DBQ أسئلة مبنية على الوثائق

عملية هابر تستخدم الأمونيا (NH_3) في إنتاج الأسمدة والمبردات والطلاء والمواد البلاستيكية. عملية هابر هي طريقة لإنتاج الأمونيا من خلال تفاعل بين النيتروجين والهيدروجين. التفاعل انعكاسي ومثله المعادلة التالية:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 92\ kJ$$

الشكل 18 يوضح تأثير درجة الحرارة والضغط على مقدار الأمونيا الناتج من عملية هابر.

بيانات مأخوذة من: Smith, M. 2004. Science. 1021:39-1034.

■ الشكل 18

118. فسّر كيف تتأثر النسبة المئوية لمردود الأمونيا بالضغط ودرجة الحرارة.

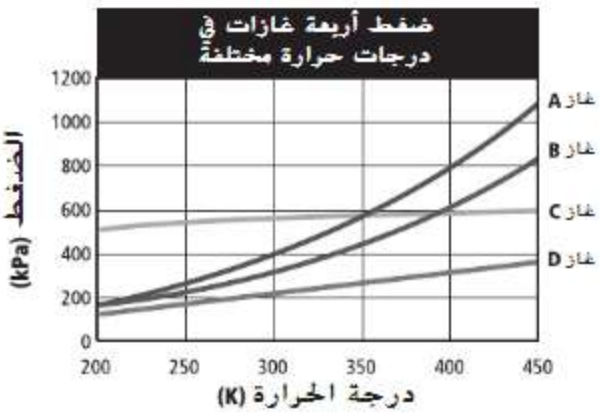
119. تجري عملية هابر في العادة عند ضغط 200 atm ودرجة حرارة 450°C وهي ظروف ثبت أنها تنتج كمية كبيرة من الأمونيا في وقت قصير.
a. إذا كانت درجة الحرارة تتغير من 450°C إلى 500°C، ما هو الضغط اللازم للحفاظ على نسبة المردود النموذجية؟
b. كيف ترى أن خفض درجة حرارة هذا التفاعل تحت درجة 450°C سوف يؤثر على مقدار الزمن المطلوب لإنتاج الأمونيا؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تمرين على الاختبار المعياري

اختيار من متعدد

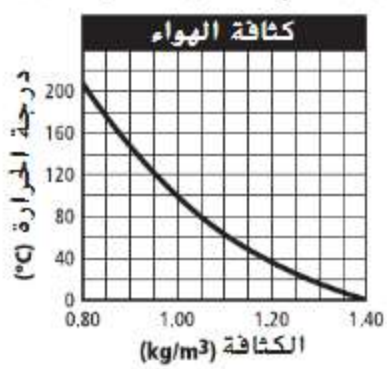
استخدم الرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤالين 1 و2.



1. ما الذي يوضحه الرسم البياني أعلاه؟
   - A. كلما زادت درجة الحرارة، انخفض الضغط.
   - B. كلما زاد الضغط، انخفض الحجم.
   - C. كلما زادت درجة الحرارة، نقص عدد المولات.
   - D. كلما انخفض الضغط، انخفضت درجة الحرارة.

2. أي غاز يسلك سلوك الغاز المثالي؟
   - A. الغاز A
   - B. الغاز B
   - C. الغاز C
   - D. الغاز D

استخدم الرسم البياني أدناه للإجابة على السؤال 3.



3. يوضح الرسم البياني بيانات من إحدى التجارب لدراسة العلاقة بين درجة الحرارة وكثافة الهواء. ما هو المتغير المستقل في التجربة؟
   - A. الكثافة
   - B. الكتلة
   - C. درجة الحرارة
   - D. الزمن

4. حمض الهيدروفلوريك (HF) يستخدم في تصنيع معدات الإلكترونيات. وهو يتفاعل مع سيليكات الكالسيوم ($CaSiO_3$)، أحد مكونات الزجاج. ما نوع الخاصية التي تبدو نقل حمض الهيدروفلوريك أو تخزينه في حاويات زجاجية؟
   - A. خاصية كيميائية
   - B. خاصية فيزيائية موسعة (تعتمد على كمية المادة)
   - C. خاصية فيزيائية مكثفة (لا تعتمد على كمية المادة)
   - D. خاصية كمية

5. هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) عبارة عن قاعدة قوية يتواجد في المنتجات المستخدمة في تنظيف مصارف الصرف الصحي المغلقة. ما النسبة المئوية للتركيب في هيدروكسيد الصوديوم؟
   - A. 57.48% Na, 60.00% O, 2.52% H
   - B. 2.52% Na, 40.00% O, 57.48% H
   - C. 57.48% Na, 40.00% O, 2.52% H
   - D. 40.00% Na, 2.52% O, 57.48% H

استخدم التمثيل البياني الدائري أدناه للإجابة عن السؤال 6.

6. ما الصيغة الأولية لهذا المركب؟
   - A. LiOH
   - B. Li_2OH
   - C. Li_3OH
   - D. $LiOH_2$

7. وهو على الأرض. يكون المنطاد مملوءًا بمقدار 5.66×10^6 L من غاز الهيليوم He. وكان الضغط داخل المنطاد على الأرض، حيث درجة الحرارة 25°C، هو 1.10 atm. المناطيد الحديثة ليست متصلبة، ما يعني أن أحجامها قابلة للتغيير. إذا ظل الضغط داخل المنطاد هو نفسه، فما حجم المنطاد عند ارتفاع 2300 m، حيث درجة الحرارة 12°C؟
   - A. 2.72×10^6 L
   - B. 5.40×10^6 L
   - C. 5.66×10^6 L
   - D. 5.92×10^6 L

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابات مختصرة

8. اذكر الملاحظات التي توفر دليلاً على حدوث تغير كيميائي.

9. حدد خمسة جزيئات ثنائية الذرة موجودة في الطبيعة وفسر سبب مشاركة الذرات في هذه الجزيئات فيما بينها زوجًا، أو أزواجًا من الإلكترونات.

10. الرسم أدناه يوضح بنية لويس لأيون النيترات متعدد الذرات (NO_3^-). عرّف المصطلح أيون متعدد الذرات واذكر أمثلة على أيونات أخرى من هذا النوع.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

استخدم الجدول أدناه للإجابة على السؤال 11.

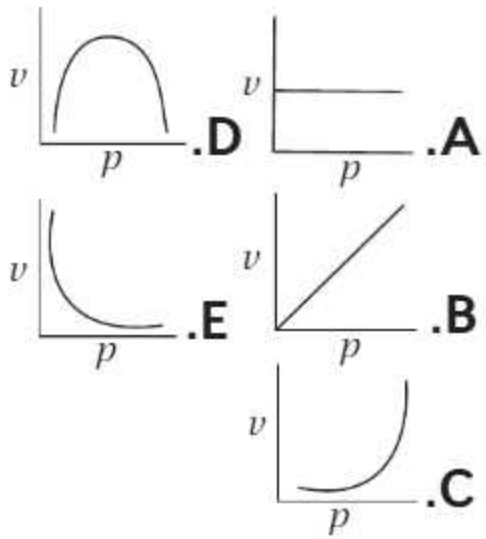
مستويات الرادون من أغسطس 2004 حتى يوليو 2005

التاريخ	مستوى الرادون (pCi/L)	التاريخ	مستوى الرادون (pCi/L)
8/04	0.26	2/05	0.087
9/04	0.052	3/05	0.087
10/04	0.087	4/05	0.10
11/04	0.052	5/05	0.22
12/04	0.069	6/05	0.087
1/05	0.035	7/05	0.16

11. الرادون غاز مشع ينتج عند تحلل الراديوم في التربة والصخور. وهو مادة مسرطنة معروفة. البيانات أعلاه توضح مستويات الرادون التي تم قياسها في وسط افتراضي. حدد طريقة تمثيل هذه البيانات بيانيًا. اشرح أسباب اختيارك وقم بتمثيل البيانات بيانيًا.

اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة : الكيمياء

12. ما المخطط الذي يوضح العلاقة بين حجم وضغط الغاز عند درجة حرارة ثابتة؟



13. التفاعل الذي يمد مواقد اللحام باللهب الشديد هو عبارة عن احتراق الأستيلين (C_2H_2) مع الأكسجين لتشكيل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. وبافتراض أن الضغط ودرجة حرارة المواد المتفاعلة هي نفسها، فما حجم غاز الأكسجين المطلوب لإحراق 5.60 L بالكامل من الأستيلين؟

A. 2.24L
B. 5.60L
C. 8.20L
D. 11.2L
E. 14.0L

14. بافتراض السلوك المثالي، فما مقدار الضغط الذي يبذله 0.0468 g من غاز الأمونيا (NH_3) على جدران حاوية 4.00L عند 35.0°C؟

A. 0.0174 atm
B. 0.296 atm
C. 0.0126 atm
D. 0.00198 atm
E. 0.278 atm

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 10

المخاليط والمحاليل

الفكرة الرئيسة كُلُّ الغازات تقريبًا والموادّ السّائلة والموادّ الصّلبة التي تُشكِّلُ عالمنا هي مخاليط.

الأقسام

1 أنواع المخاليط

2 تركيز المحلول

3 العوامل المُؤثِّرة في الذوبان

4 الخصائص التّجميعيّة للمحاليل

التّجربة الاستهلالية

كيف تتغيّرُ الطّاقة عندما تتشكّلُ المحاليل؟

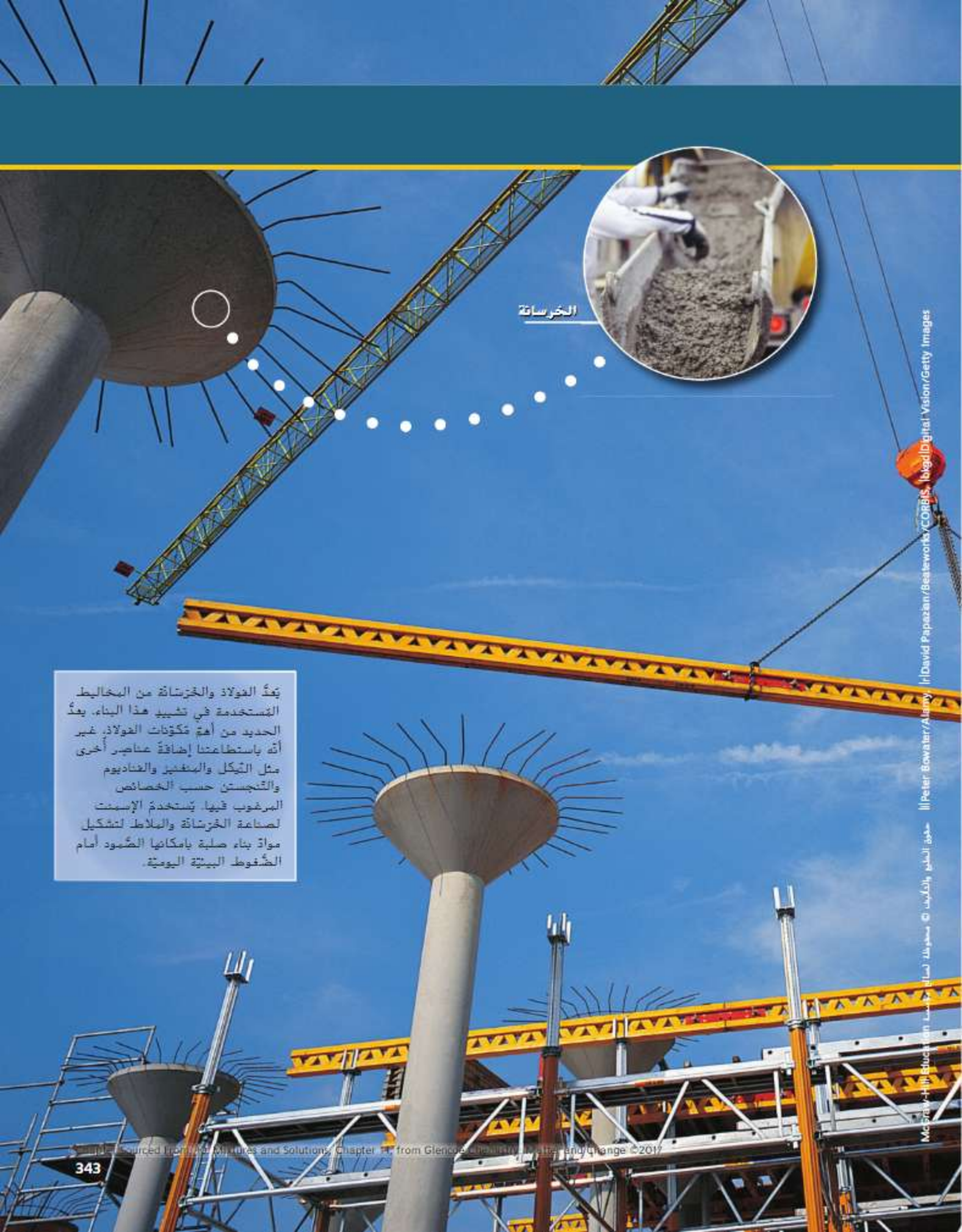
عندما يتشكّلُ محلولٌ ما، تُؤثّرُ قُوى التّجاذُب بين جُسيمات المُذيب وجُسيمات المُذاب في القُوى البين جُزيئيّة للمُذاب. في هذا المُختبر، ستكتشفُ ما إذا كان هذا التّفاعُل يُؤثّرُ في طاقة المحلول.

مطوياتي® منظم الدراسة

التّركيز

أعِدّ كتابًا كما يظهر في الشّكل. قُم باستخدامه لمُساعدتِك على تنظيم البيانات حول تركيز المحاليل.

حقوق الطّبع والنّشر © لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



يُعدُّ الفولاذ والخَرسانة من المخاليط المُستخدمة في تشييد هذا البناء. يعدُّ الحديد من أهمّ مُكوّنات الفولاذ، غير أنّه باستطاعتنا إضافةَ عناصر أخرى مثل النّيكل والمنغنيز والفناديوم والتنجستن حسب الخصائص المرغوب فيها. يُستخدمُ الإسمنت لصناعة الخَرسانة والملاط لتشكيل موادّ بناء صلبة بإمكانها الصّمود أمام الضّغوط البيئيّة اليوميّة.

Peter Bowater/Alamy || David Papazian/Shutterstock/CORBIS, Ingrid Dalton/Digital Vision/Getty Images
McGraw-Hill Education لصالح ماكجروهيل للتعليم والتدريب © محفوظ حقوق الطبع والتأليف
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission is granted to reproduce for classroom use.

أنواع المخاليط

القسم 1

الفكرة الرئيسة قد تكون المخاليط غير متجانسة أو متجانسة

الأسئلة الرئيسة

- ما وجه المقارنة بين المعلقات والغرويّات والمحاليل؟
- ما هي أنواع الغرويّات وأنواع المحاليل؟
- كيف تصفّ القوى الكهروستاتيكية الموجودة في الغرويّات؟

مُفردات المُراجعة

المُذاب solute: مادّة مُذابة في محلول

المفردات الجديدة

معلق	suspension
غروي	colloid
الحركة البراونيّة	brownian motion
ظاهرة تندال	tyndall effect
ذائب	soluble
قابل للامتزاج	miscible
غير قابل للذوبان	insoluble
غير قابل للامتزاج	immiscible

الكيمياء في حياتك

إن كُنتَ قد ملأتَ في أيّ وقت مضى دلوًا من مياهِ المُحيطِ، فلَك قد تكونُ لاحظتَ أنَّ بعضَ الرَّواسبِ تستقرُّ في قاعِ الدَّلو. ومع ذلك، فإنَّ الماء سيكونُ مالحًا بِغَضِّ النَّظرِ عَن المُدَّة التي ستتركُهُ فيها في الدَّلو . لماذا تترسّبُ بعضُ المواد تدريجيًّا على عكس موادَّ أخرى؟

مخاليط غير مُتجانسة

تذكّر أنّ الخليط هو مزيجٌ بين مادّتين نقيّتين أو أكثر حيثُ تحتفظُ كُلُّ مادّةٍ نقيّةٍ بخصائِصِها الكيميائيّة المُنفردة. لا تمتزجُ المخاليطُ غير المُتجانِسةُ ببعضِها بسلاسة، فتظلّ المواد المُنفردة مُتميّزة. تُعتبرُ المُعلقاتُ والغرويّاتُ من المخاليط غير المُتجانِسة.

المعلقات المعلقُ هو خليط يحتوي على جُسيمات ترسّبُ إذا ما تُرِكَت ثابتة. يُعتبرُ الماءُ المُوحل المبيّنُ في **الشكل 1** معلقًا. سَكبُ معلقٍ سائلٍ عبر مصفاةٍ سيفصلُ كذلك الجُسيمات المعلقة.

مخاليط متغيرة الانسيابية تنفصلُ بعضُ المعلقاتِ إلى خليط شبه صلبٍ في الأسفل وماء في الأعلى. عندما يقلّ تحريكٌ أو رجٌّ الخليط شبه الصلب، فإنّهُ ينسابُ مثل السّائل. تُعَدُّ المَوادُّ التي تتّبع سَلوكًا مماثلًا متغيرة الانسيابية. فمعجون الأسنان على سبيل المثال هو متغير الانسيابية، فهُو بمثابةِ سائلٍ عندما يتمُّ عصرهُ من الأنبوبِ ومادّةٍ صلبةٍ عندما تضعهُ على فُرشاتك. تُعَدُّ بعض الأصباغ متغيرة الانسيابية— يُمكنك تحريكُها وهي داخل عُلبة الصّبغ إلاّ أنّها لا تنسابُ للأسفل عندما تكونُ على عصا التحريكِ أو على الفُرشاةِ. يجب أن يكون البنّائين في المناطق الزلزالية على عِلمٍ بأنّ بعض أنواع الطّين تكونُ متغيرة الانسيابية. يُشكّلُ هذا الطّينُ سوائلَ كنتيجةٍ لاندلاع الزّلزال، والذي يتسبّبُ في انهيارِ المُنشآت التي بُنيت عليها.

■ **الشّكل 1** يُمكنُ فصلُ المعلقِ إذا ما تركناهُ يستقرُّ لفترةٍ من الزّمن يُمكنُ كذلك فصلُ معلقٍ سائلٍ عبر التّرشيح.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw Hill Education

الجدول 1 أنواع الغرويّات

الصّنف	مثال	جُسيمات مُشتّتة	وسط التّشتُّت
صلب في صلب	مَجوهرات مَلوّنة	مواد صلبة	مواد صلبة
صلبٌ في سائل	دم، جيلاتين	مواد صلبة	مواد سائلة
مُستحلب صلب (سائل في صلب)	زُبدة، جُبنة	مواد سائلة	مواد صلبة
مُستحلب (سائل في سائل)	حليب، مايونيز	مواد سائلة	مواد سائلة
رغوة صلبة	حلوى الخطمي، صابون قابل للطّفو	غاز	مواد صلبة
رغوة	قشدة مخفوقة، مخفوق بياض البيض	غاز	مواد سائلة
هباء جوّيّ صلب	دُخان، غُبار في الهواء	مواد صلبة	غاز
هباء جوّيّ سائل	رذاذ مُزيل الرّائحة، ضباب، سُحُب	مواد سائلة	غاز

الغرويّات الجسيمات في المعلقات أكبر بكثيرٍ من الذّرّات وبإمكانها التّرسّب في المحلول. **الغروي** هو خليط غيرُ مُتجانسٍ من الجسيماتِ مُتوسّطةِ الحجمِ (بين حجم المِقياس الذّرّي للجُسيمات في المحلول وحجم جُسيمات المعلق). يتراوحُ قُطرُ الجسيمات الغرويّة ما بين 1 nm و 1000 nm، كما أنّها لا تترسّبُ. يُعدُّ الحليبُ من الغرويّات. لا يُمكِنُ فصلُ مُكوّناتِ حليبٍ مُتجانسٍ عن طريق التّرسُّب أو عن طريق التّرشيح.

تُعتبَرُ المادّةُ الأكثرُ وفرةً في الخليطِ وسطَ التّشتُّتِ. وتُصنَّفُ الموادُّ الغرويّةُ وِفقًا لأطوارِ جُسيماتِها المُشتّتة وأوساطِ التّشتُّتِ. الحليبُ هو مُستحلبٌ غرويٌّ لأنّ الجُسيماتِ السّائلة مُشتّتة في وسطٍ سائلٍ. يَحملُ **الجدول 1** وصفًا لِغرويّاتٍ أُخرى.

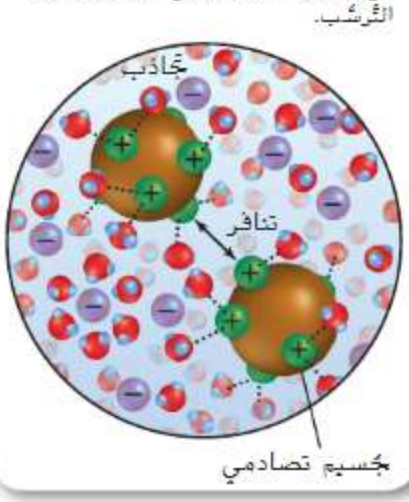
لا تتمكّنُ الجُسيماتُ المُشتّتة في الغروي من التّرسُّب لأنّها غالبًا ما تحملُ على سطحِها مجموعاتٍ ذرّيّةً قُطبيّةً أو مشحونة. تجذبُ هذه المناطقُ على سطحِها المناطقَ المشحونةَ السّالبةَ أو المُوجبةَ لجزيئاتِ وسطِ التّشتُّتِ. وهذا يُؤدّي إلى تشكيلِ طبقاتٍ كهروستاتيّةٍ حول الجُسيمات، كما هو مُبيّنٌ في **الشّكل 2**. تتنافرُ الطّبقاتُ مع بعضِها عندما تصطدمُ الجُسيماتُ المُشتّتة. وبالتّالي، تبقى الجُسيماتُ في الغروي.

إذا ما تدخّلتْ في الطّبقاتِ الكهروستاتيّةِ، فسوف تترسّبُ الجُسيماتُ الغرويّةُ في المحلولِ. فعلى سبيلِ المثال، إذا حرّكتْ إلكتروليت داخل غروي، فسوف تتجمّعُ الجُسيماتُ المُشتّتةُ معًا وتُدمّرُ الغروي. التّسخينُ أيضا يُدمّرُ الغروي لأنّهُ يُعطي الجُسيماتِ المُتصادمةِ ما يكفي من الطّاقةِ الحركيّةِ كي تتغلّبَ على القُوى الكهروستاتيّةِ وكي تترسّب.

الحركة البراونيّة تقومُ الجُسيماتُ المُشتّتة في الغرويات السّائلة بحركاتٍ مُهتزّة وعشوائيّة. وتُسمّى هذه الحركةُ غيرُ المُنتظمة للجُسيماتِ الغرويّةِ بالحركةِ البراونيّة. وقد قُطنَ لها لأوّلِ مرّةٍ عالمُ النّبات الإسكتلندي روبرت براون (1773-1858)، والتي سُمّيت باسمه في وقتٍ لاحق، حيث أنّهُ لاحظَ الحركاتِ العشوائيّةَ لحُبَيْباتِ الطّلْعِ المُشتّتة في الماء. تحدثُ **الحركة البراونيّة** نتيجةَ اصطدامِ جُسيماتِ وسطِ التّشتُّتِ مع الجُسيماتِ المُشتّتةِ. تُساهِمُ هذه الاصطداماتُ في الحيلولة دون ترسُّبِ الجُسيماتِ الغرويّةِ في المخلوط.

التأكد من فهم النصّ **صِفْ** سببَين وراء عدمِ تَرسُّبِ الجُسيماتِ في الغروي.

■ **الشكل 2** تُشكّلُ جُسيماتُ وسطِ التّشتُّتِ طبقاتٍ مشحونةً حولَ جُسيماتِ الغروي. تتنافرُ هذه الطّبقاتُ المشحونةُ مع بعضِها البعض وتمنعُ الجُسيماتِ من التّرسُّب.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشّكل 3** الجُسيماتُ في الفروي تُنشر ضوءًا على عكسِ الجُسيماتِ في المحلول. يكونُ شُعاعُ الضّوءِ مرئيًّا في الفروي نتيجةً لتشتت الضّوء، ويُسمّى هذا ظاهرةَ تندال.
حدِّد أيٌّ من هذه المخاليط تُعَدُّ غروية.

ظاهِرة تندال غالبًا ما تكونُ الفرويّاتُ المُركّزة قاتمة وغير شفّافة. تبدو الفرويّات المُخفّفة أحيانًا واضِحةً بقدرِ المحاليل. تبدو الفرويّات المُخفّفة كالمحاليلِ المُتجانسة لأنّ جُسيماتِها المُشتّتة صغيرةٌ جدًّا. غير أنّ جُسيمات الفروي المُشتّتة تُشتّت الضّوء، وهي ظاهرةٌ تُعرَفُ **بِظاهِرةِ تندال**. في **الشّكل 3** عند سقوط حزمة ضوئية على اثنين من المخاليط غير المعروفة. بإمكانك أن تُلاحظ أنّهُ وعلى عكسِ الجُسيماتِ في المحلول، فإنّ جُسيماتِ الفروي المُشتّتة تُشتّت الضّوء. تُظهِر المعلقاتُ كذلك ظاهرةَ تندال، بينما لا تُظهِرُ المحاليلُ أبدًا ذلك. لقد أدركتَ ظاهِرةَ تندال إذا كُنتَ قد لاحظتَ مُرورَ أشِعّةِ الشّمسِ عبرَ هواءٍ مليءٍ بالدّخان، أو شاهدتَ أضواءَ عبرَ الضّباب. يُمكنُ استخدامُ ظاهِرةِ تندال لتحديدِ كميةِ الجُسيماتِ المنتشرة في المعلق.

المخاليطُ المُتجانِسة

قد تبدو محاليل الخليّة ومياه المحيطات والفولاذ غير مُتشابهة، إلاّ أنّها تشتركُ في بعض الخصائص. لقد تعلّمتَ سابقًا أنّ المحاليل هي مخاليطٌ مُتجانسة تحتوي على مادّتين أو أكثر تُسمّى المُذاب والمُذيب. المُذاب هو المادّةُ الذّائبة. المُذيبُ هُو وسطُ التّذويب. عندما تنظُرُ إلى محلولٍ ما، فإنّهُ من غير المُمكن أن تُميّزَ بين المُذاب والمُذيب.

أنواعُ المحاليل قد يكونُ المحلولُ غازيًّا أو سائلاً أو صلبًا، بناءً على حالةِ المُذيب، كما هُو مُبيّنٌ في **الجدول 2**. يُعتبرُ الهواءُ محلولاً غازيًّا ومُذيبهُ هُو غازُ النّيتروجين. قد يكونُ تفويرُ الأسنانِ الذي تضعهُ على أسنانك مصنوعًا من النّيتينول، وهو محلولٌ صلبٌ من النّيتانيوم المُذابِ في النّيكل. مع ذلك، فإنّ أغلبَ المحاليل هي سوائلُ. لقد قرأتَ سابقًا أنّ التّفاعُلات يُمكنُ أن تقعَ في محاليل سائلة أو محاليل يكونُ فيها المُذيبُ ماءً. يُعتبرُ الماءُ من أكثرِ المُذيباتِ استعمالاً في المحاليل السّائلة.

مُختبر تحليل البيانات

استنادًا إلى بيانات حقيقية*

تصميمُ تجربة

كيف يُمكنُكَ قِياسُ التّعكُّر؟ خذْ ذت القوانينَ الوطنيّةَ الأساسيّةَ للمياهِ الصّالحةِ للشّربِ تعايير أنظمةَ المياهِ العامّة. غالبًا ما يقترنُ التّعكُّر، والذي هُو قياسُ لتكدُّرِ المياه نتيجةَ المواذّ العالقةِ بها، بالتّلوّث الفيروسي والطّفيليّات والبكتيريا. أغلبُ هذه الجُسيمات الفرويّة تنتجُ عن التّآكل والمُخلّفات الصّناعيّة والبشريّة. وتتكاثرُ الطّحالبُ من الأسمدة والموادّ العضويّة المُتحلّلة.

البيانات والمُلاحظات

يُمكنُ استخدامُ ظاهِرةِ تندال لِقياسِ تعكُّرِ الماء. يتمثّلُ هدفُكَ في أن تُخطّطَ لِخطواتٍ إجرائيّةٍ وتضعَ مِقياسًا لِتفسيرِ البيانات.

التّفكير النّاقد

1. **حدِّد** المُتغيّرات التي يُمكنُ أن تُستخدمَ لربطِ قُدرةِ الضّوءِ على المُرورِ عبرَ السّوائلِ وعددِ الجُسيماتِ الفرويّةِ الموجودة. مالذي ستستخدمهُ كمُتغيّرٍ تحكُّم؟
2. **أربُط** المُتغيّرات المُستخدمة في التّجربة بالعدد الفعلي للجُسيمات الفرويّة الموجودة.
3. **حلّل** أيّ احتياطاتِ السّلامةِ وجبَ أخذُها بعين الاعتبار؟
4. **حدِّد** الموادّ التي تحتاجُها لِقياسِ ظاهِرةِ تندال. إختر الأنبوبَ لِجمعِ البيانات أو تفسيرِها.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw Hill Education

الجدول 2 أنواع المحاليل وأمثلةً عليها

نوع المحلول	مثال	المُذيب	المُذاب
غاز	الهواء	النّيتروجين (غاز)	الأكسجين (غاز)
سائل	مِياهٌ غازِيّة	الماء (سائل)	ثاني أكسيد الكَرْبون (غاز)
سائل	مياه المَحيط	الماء (سائل)	غازُ الأكسجين (غاز)
سائل	مانع التّجمُّد	الماء (سائل)	جليكول الإثيلين (سائل)
سائل	الخلّ	الماء (سائل)	حمض الأستيك (سائل)
سائل	مياه المَحيط	الماء (سائل)	كلوريد الصوديوم (صلب)
صلب	مملقم حشوة الأسنان	الفضّة (صلب)	الزّئبق (سائل)
صلب	الفولاذ	الحديد (صلب)	الكربون (صلب)

مثلما يُمكِنُ أن تأخُذَ المحاليلُ أشكالاً مُختلفة، فإنّ المذابات في المحاليلِ يُمكِنُ أن تكون غازِيّةً أو سائِلةً أو صلبةً، كما هُوَ أيضًا مُبيّنٌ في **الجدول 2**. يُمكِنُ للمحاليلِ مثل مياه المَحيطِ أن تحتوي على أكثرِ من مُذابٍ واجِدٍ.

تَكوينُ المحاليل على عكس تركيباتٍ أُخرى، فإنّ بعض التّركيباتِ للموادّ تُكوِّنُ محاليلَ على الفور. ونقولُ عن المادّة التي تذوبُ في المُذيبِ بأنّها **ذائِبَة** في ذلك المُذيبِ. فالسُّكّرُ على سبيلِ المِثالِ، ذائِبٌ في الماءِ، وبِتلكَ حقيقةٌ قد تكّونُ تعلّمتها عن طريقِ إذابةِ السُّكّرِ في مياهٍ مُنكّهة لتَحضيرِ مشروبًا مُحلّى مثل الشّاي أو عصيرِ اللّيمون. ويَشمَلُ سائِلانِ قابلانِ للذّوبانِ في بعضهما البعض بأيّ نِسبةٍ كانت، مثل السّوائِلِ التي تُشكِّلُ مانِعَ التّجمُّدِ المُدرَجِ في **جدول 2** سائِلانِ **قابِلانِ للامتزاجِ**. ونقولُ عن المادّةِ التي **لا تقبَلُ الذّوبانَ** في مُذيبٍ بأنّها غيرُ قابِلةٍ للذّوبانِ في ذلك المُذيبِ. إنّ الرّملَ غيرُ قابِلٍ للذّوبانِ في الماء. تنفصِلُ السّوائِلُ في زُجاجةٍ تحتوي على الزّيتِ والخلِّ بعد خلطِها بِفترةٍ وجيزةٍ. إنّ الزّيتَ غيرُ قابِلٍ للذّوبانِ في الخلِّ. يَشمَلُ سائلانِ يُمكِنُ خلطُهُما بِبعضٍ لكِن ينفصلانِ عن بعضهما البعض في فترةٍ وجيزةٍ بسائِلينِ غيرِ **قابِلانِ للامتِزاجِ**.

القسم 1 مراجعة

مُلخّص القسم

- يمكن تمييز مكونات خليط غير متجانس.
- تُعدُّ المعلقاتُ والفروِيّاتُ نوعين من المخاليط غير المتجانسة.
- الحركةُ البراونيّة هي حركةٌ عشوائيّة للجُسيماتِ الفروِيّة.
- تُظهِر الفروِيّاتُ ظاهرة تندال.
- يُمكِنُ للمحلولِ أن يكّون غازًا أو سائلاً أو صلبًا، وذلك بناءً على المُذيب.
- يُمكِنُ للمذاب في المحلولِ أن يكّون غازًا أو سائلاً أو صلبًا.

1. الفكرة **الرئيسة اشرح** استخدم خصائص مياه البحرِ كي تَصِفَ ميزاتِ المخاليط.
2. **ميِّز** بين المعلقات والفروِيّات.
3. **حدِّد** تختلفُ أنواع المحاليل. صِف خصائص كُلِّ نوعٍ من المحاليل.
4. **اشرح** استخدِم ظاهِرة تندال لتُفسّر لماذا تكّونُ السّيارةِ وسطَ الضّبابِ مع استخدامِ الأنوارِ العالية أصعبَ من السّياقةِ مع استِخدامِ الأنوارِ المُنخفضة.
5. **صِف** الأنواع المُختلفة للفروِيّات.
6. **اشرح** لِماذا تبقى جُسيمات الفروِيّات المُشتّتة مُشتّتةً؟
7. **لخِّص** مالذي يُسبِّب الحركة البراونيّة؟
8. **قارن وقابل** أعِدّ جدولاً بِهِ مُقارنةً بين خصائص المعلقاتِ والفروِيّاتِ والمحاليل.

حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2

تركيزُ المحلول

الفكرة الرئيسة يمكنُ التّعبيرُ عن التّركيزِ بدلالة النّسبة المئويّة أو بالمولات.

الأسئلة الرئيسة

- كيف يمكننا وصفُ التّركيز من خلال استخدام وحداتٍ مختلفة؟
- كيفَ نحدّد تراكيزَ المحاليل؟
- ما مولاريّة المحلول وكيف يمكننا حسابُها؟

مُفردات المُراجعة

المُذيب solvent المادّة التي تُذيبُ المُذاب لتكوين المحلول.

المفردات الجديدة

التّركيز	concentration
المولاريّة	molarity
المولاليّة	molality
الكسر المولي	mole fraction

الكيمياء في حياتك

هل تذوّقتَ في أيّ وقتٍ مضى كوبًا من الشّاي المُثلّج ووجدتَ أنّهُ قويٌّ جدًّا أو شديد المرارة؟ لتعديل المذاق، بإمكانك إضافةُ الماءِ للتّخفيف في الشّاي أو إضافةُ السُّكّر لتحليتِهِ. وفي كلتا الحالتين، فأنتَ تقوم بتغييرِ تركيزِ الجُسيماتِ الذّائبةِ في الماء.

التّعبير عن التّركيز

يُعدُّ **تركيزُ** المحلول مقياسًا يُعبّرُ عن كميّةِ المُذاب الذّائبةِ في كميّةٍ مُحدّدة من المُذيب أو المحلول. ويُمكنُ التّعبيرُ بشكلٍ نوعيٍّ عن التّركيز من خلال استخدام كلمة مُركّز أو مُخفّف. لاحظ إبريقيْ الشّاي في **الشّكل 4**. فأحدُ الإبريقين يحتوي على شايًا أكثر تركيزًا من الآخر. عمومًا، يحتوي المحلولُ المُركّزُ على كميّةٍ كبيرةٍ من المُذاب. فالشّايُ ذو اللّونِ الدّاكن يحتوي على جُسيماتِ شايٍ أكثر من الشّايِ ذي اللّونِ الفاتح. والعكس صحيح؛ فالمحلولُ المُخفّفُ يحتوي على كميّةٍ أقلّ من المُذاب. فالشّايُ ذو اللّونِ الفاتح في **الشّكل 4** هوَ محلولٌ مُخفّفٌ، إذ يحتوي على جُسيماتِ شايٍ أقلّ من الشّايِ ذي اللّونِ الدّاكن.

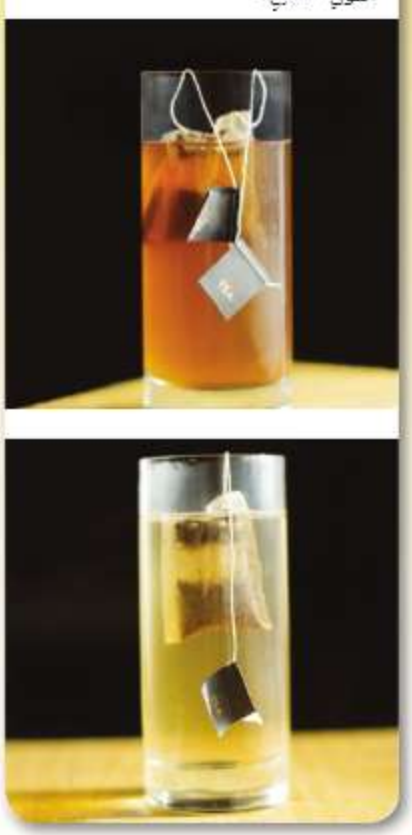
وعلى الرّغم من أنّ التّعبيرَ النّوعي عن التّركيز يُمكنُ أن يكونَ مُفيدًا، إلا أنّهُ غالبًا ما يتمّ التّعبيرُ عن المحاليلِ كَميًّا. ومن التّعابيرِ الكَميّةِ الأكثر شُيوعًا عن التّركيز نَجدُ النّسبةَ المئويّةَ بالكُتلة والنّسبةَ المئويةَ بالحجم والمولاريّةَ والمولاليّة. وكل هذه التّعابيرِ تَصفُ التّركيزَ على أنّهُ نِسبةُ الكميّاتِ المُماثلةِ للمُذابِ والمُذيبِ أو للمحلولِ ككُلّ. ويحتوي **الجدول 3** على وصفٍ لكُلّ نِسبةٍ.

أيُّ تعبيرٍ كَميٍّ يجبُ استعمالُهُ؟ يعتمدُ استعمالُ التّعبيرِ المُناسب على نوعِ المحلولِ الذي يتمّ تحليلهُ والسّببِ وراءَ وَصفِهِ. فإذا كان أحدُ الكيميائيّين مثلاً يعملُ على تفاعُلٍ في مَحلولٍ مائيٍّ فسوف يستخدمُ غالبًا المولاريّةَ للتّعبيرِ عن تركيزِ المحلولِ لأنّهُ يحتاجُ إلى معرفةِ عددِ الجُسيماتِ التي تُشكّلُ التّفاعُل.

الجدول 3 نِسبُ التّركيز

وصفُ التّركيز	النّسبة
النّسبة المئويّة بالكُتلة	$\frac{\text{كتلة المُذاب}}{\text{كُتلة المحلول}} \times 100$
النّسبة المئويّة بالحجم	$\frac{\text{حجم المُذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$
المولاريّة	$\frac{\text{عدد مولات المُذاب}}{\text{حجم المحلول باللتر}}$
المولاليّة	$\frac{\text{عدد مولات المُذاب}}{\text{كُتلة المُذيب بالكيلوجرام}}$
الكَسر المولي	$\frac{\text{عدد مولات المُذاب}}{\text{عدد مولات المُذاب} + \text{عدد مولات المُذيب}}$

■ **الشّكل 4** تعكسُ شِدّة اللّونِ تركيزَ الشّاي. فالشّايُ ذو اللّونِ الدّاكن أكثرُ تركيزًا من الشّاي ذي اللّونِ الفاتح.



McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

النِّسبة المئويّة بالكُتلة النِّسبة المئويّة بالكُتلة هي نِسبةُ كُتلةِ المُذاب إلى كُتلةِ المحلولِ ويُعبَّرُ عنها بنسبةٍ مئويّة. تُساوي كُتلةُ المحلولِ مجموعَ كُتلِ المُذاب والمُذيب.

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة} = \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100$$

تُساوي النِّسبة المئويّة بالكُتلة كُتلةَ المُذابِ مقسومةً على كُتلة المحلول الكُلّيّةِ ومضرُوبةً في 100.

المطلوبات

أدرج معلومات هذا القسم في مطويتك.

مثال 1

احسب النِّسبة المئويّة بالكُتلة من أجل الحفاظ على التّماثُلِ بينَ تركيزِ كلوريد الصّوديوم (NaCl) وتركيزِ مياه البَحيط، يجبُ أن يحتوي حوضُ الأسماكِ على NaCl 3.6 g لِكُلّ 100.0 g من الماء. ماهي النِّسبة المئويّة بالكُتلة لـ NaCl في المحلول؟

1 تحليل المسألة

لديكَ كميّةٌ من كلوريد الصّوديوم مُذابةٌ في 100.0 g من الماء. النِّسبة المئويّة بالكُتلة لمحلولٍ ما، هي نسبةُ كُتلةِ المُذابِ إلى كُتلةِ المحلول، أي هو مجموعُ كُتلِ كُلٍّ من المُذاب والمُذيب.

معلوم

كُتلةُ المُذاب = 3.6 g NaCl

كتلة المذيب = 100.0 g H_2O

مجهول

النِّسبة المئويّة بالكُتلة = ؟

2 حساب المجهول

أوجِد كُتلةَ المحلول.

كُتلةُ المحلول = جرامات المُذابِ + جرامات المُذيب

كُتلةُ المحلول = 3.6 g + 100.0 g = 103.6 g

عوّض كُتلة المُذاب = 3.6 g وكتلة المُذيب = 100.0 g.

احسِب النِّسبة المئوية بالكُتلة.

$$\text{النِّسبة المئويّة بالكُتلة} = \frac{\text{كُتلة المُذاب}}{\text{كُتلة المحلول}} \times 100$$

أذكُر المُعادلة للنِّسبة المئويّة بالكُتلة.

$$\text{النِّسبة المئويّة بالكُتلة} = \frac{3.6\ \text{g}}{103.6\ \text{g}} \times 100 = 3.5\%$$

عوّض كُتلة المُذاب = 3.6 g وكتلة المحلول = 103.6 g.

3 تقييم الإجابة

بما أنّ كُتلة كلوريد الصّوديوم المُذابة في 100.0 g من الماء صغيرة، فإنّ النِّسبة المئويّة بالكُتلة بالتالي تكونُ صغيرة. لقد نشأت كتابةً كُتلةِ كلوريد الصّوديوم بعددين مَعنويّين.

تطبيقات

9. ما النِّسبة المئويّة بالكُتلة لـ $NaHCO_3$ في محلول يحتوي على 20.0 g من $NaHCO_3$ مذابة في 600.0 mL من H_2O؟
10. لديكَ 1500.0 g من محلولِ مُبَيِّض الملابس. النِّسبة المئويّة بالكُتلة للمُذاب هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl) هو 3.62% كم عددُ جرامات الـ NaOCl الموجودة في المحلول؟
11. في السُّؤال 10، كم عددُ جرامات المُذيب الموجودة في المحلول؟
12. **تَحَدَّ** تُساوي النِّسبة المئويّة بالكُتلة لكلوريد الكالسيوم في المحلول 2.65%. ماهي كُتلةُ المحلولِ إذا تمّ استخدامُ 50.0 g من كلوريد الكالسيوم؟

حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشّكل 5** يتكوّنُ B20 حجمه من 20% من ديزل حَيَوي و 80% من حجمه من ديزل نفطي. الديزل الحَيَوي هُو وقودٌ بديل يُمكِنُ انتاجهُ انطلاقًا من موارد مُتجدّدة مثل الزّيت النّباتي.

النِّسبة المِئويَّة بالحجم تصفُ عادةً المحاليل التي يكونُ فيها المُذيبُ والمُذابُ في الحالة السّائلة. والنِّسبة المئويّة بالحجم هي نِسبةُ حجمِ المُذاب إلى حجم المحلول ويُعبّرُ عنها بنسبةٍ مئويّة. وحجمُ المحلولِ هُو مجموعُ حجم المُذاب وحجم المُذيب. إنّ حِساباتِ النِّسبةِ المِئويّةِ بالحجم تُشبهُ حِساباتِ النِّسبةِ المِئويّةِ بالكُتلة.

$$\text{النِّسبة المِئويَّة بالحجم} = \frac{\text{حجمُ المُذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$$

يُعدُّ الدّيزل الحَيَوي المُوضّح **في الشكل 5** وقودًا بديلاً نظيف الإحتراق، مُنتجٌ عن مواردَ مُتجدّدة. ويُستعمل في مُحرّكاتِ الدّيزل مع القليلِ من التّحسينات أو حتّى من دونها. والدّيزل الحَيَوي سهلُ الاستعمالِ وقابلٌ للتّحلّل الحَيَوي وغير سامّ ولا يحتوي على بعض المُلوّثاتِ الموجودةِ في الجازولين العادي. كما أنّهُ لا يحتوي على النّفط، ولكن يُمكنُ مزجُهُ مع الدّيزل النّفطي لتكوينِ الدّيزل الحَيَوي المُمزوج. يتكوّنُ B20 20% من الحجم من ديزل حيوي و 80% من الحجم من ديزل النّفطي.

☑ **التأكد من فهم النص قارِن** بين النِّسبة المئويّة بالكتلة والنِّسبة المِئويّة بالحجم.

تطبيقات

13. ما النِّسبة المئويّة بالحجم للإيثانول في محلولٍ يحتوي على 35 mL من الإيثانول المُذابِ في 155 mL من الماء؟
14. ما النِّسبة المئويّة بالحجم لكُحول أيزوبروبانول في محلولٍ يحتوي على 24 mL من كُحول الأيزوبروبانول مُذابةً في 1.1 L من الماء؟
15. **تحدٍ** إذا استعملنا 18 mL من الميثانول لإعدادِ محلولٍ سائلٍ تركيزُهُ 15 % بالحجم، فما هو حجمُ المحلولِ النّاتج بالمِلّلتر؟

المولاريَّة إنّ النِّسبةَ المِئويّةَ بالكُتلةِ والنِّسبةَ المِئويّةَ بالحجمِ ليستا إلّا طريقتين من الطُّرقِ الشّائعةِ للتّعبيرِ الكَمّي عن تركيزِ المحاليل. وتُعتبرُ المولاريّةُ من أكثرِ الوحداتِ شيوعًا لِقياسِ تركيزِ المحلول. **المولاريَّة** (*M*) هي عددُ مُولاتِ المُذابِ الذّائبةِ في لترٍ من المحلول. تُعرفُ المولاريّةُ أيضًا بالتّركيزِ المولاري وتُقرأُ الوحدةُ *M*، مُولار. فلِترٍ من محلولٍ يحتوي على 1 mol من المُذاب هو محلول 1*M*، وتُقرأُ محلول 1مولار. ويَسعَى لِترًا من محلولٍ يحتوي على 0.1 mol من المُذاب بمحلول 0.1 *M*. ولحساب مولارية المحلول، يجبُ مَعرفةُ حجمِ المحلولِ باللترِ وعددِ مُولاتِ المُذاب.

$$\text{المولارية } (M) = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول باللّتر}}$$

☑ **التأكد من فهم النص حَدِّد** ما التّركيزَ المولاري للتر من المحلول يحتوي على 0.5 mol من المُذاب؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة AP Photo/L.G. Patterson

مثال 2

حسابُ المولاريّة يحتوي 100.5 mL من محلول حَقنِ الوريد على 5.10 g من الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$). ما مولاريّة هذا المَحلول؟ الكتلة المولية للجلوكوز هي 180.16 g/mol

1 تحليل المسألة

لديكَ كُتلة الجلوكوز الذّائبة في حَجمٍ من الماء. مَولاريّة المحلول هي نسبةُ عددِ مَولاتِ المَذاب لِكُلّ لِترٍ مِنَ المحلول.

المعلوم:

كتلة المذاب = 5.10 g $C_6H_{12}O_6$

الكتلة المولية ل $C_6H_{12}O_6$ = 180.16 g/mol

حجم المحلول = 100.5 mL

المجهول:

تركيز المحلول = ؟ M

2 حساب المجهول

احسب عدد مولات $C_6H_{12}O_6$.

$$(5.10\ \text{g}\ C_6H_{12}O_6)\left(\frac{1\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6}{180.16\ \text{g}\ C_6H_{12}O_6}\right)$$

اضرب جرامات ال $C_6H_{12}O_6$ **في الكتلة المولية لـ** $C_6H_{12}O_6$.

$$= 0.0283\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6$$

حوّل حجم المحلول إلى اللّتر.

$$(100.5\ \text{mL})\left(\frac{1\ \text{L}}{1000\ \text{mL}}\right) = 0.1005\ \text{L}$$

استخدم معامل التحويل 1 L/1000 mL.

حل لحساب المولارية.

$$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول باللتر}}$$

اكتب كمعادلة المولارية.

$$M = \left(\frac{0.0283\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6}{\text{المحلول}\ 0.1005\ \text{L}}\right)$$

عوض مولات $C_6H_{12}O_6$ = 0.0283 **وحجم المحلول** = 0.1005 L.

$$M = 0.282M$$

اقسم الأعداد والوحدات.

3 تقييم الإجابة

ستكونُ قيمةُ المَولاريّة قليلة لأنّ كُتلة الجلوكوز الذّائبة في المحلول صَغيرة. تحتوي كُتلةُ الجلوكوز المُستعملة في المسألة ثلاثةَ أرقامٍ معنويّة، بالتالي تحتوي قيمةُ المولارية كذلك على ثلاثة أرقامٍ معنويّة.

تطبيقات

16. ما مولاريّةُ محلولٍ سائل يحتوي على 40.0 g من الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) في 1.5 L من المحلول؟
17. احسب مولارية محلول حجمه 1.60 L مذابٌ فيه 1.55 g من KBr
18. ما مولاريّةُ مُبيّض ملابس يحتوي على 9.5 g من NaOCl في كُلّ لتر من المُبيّض؟
19. **تَحَدَّ** كم جرامًا من هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$) يلزم لتحضير محلول حجمه 1.5 L وتركيزه 0.25M؟

مِهَنٌ في الكيمياء

فَنِّيُّو الصَّيدَلة يعتمدُ أغلبُ الصّيادلةِ على فَنِّيّي الصّيدلة لِتحضير الأدوية المُناسبة للوصفات الطّبيّة. يَقرأُ هؤلاء الفَنِّيّونَ تحاليلَ المَريض والوصفات الطّبيّة من أجلِ تحضيرِ التّركيز المُناسب أو الجُرعةِ المُناسبة للدّواء الذي سيُقدَّمُ للمريض.

حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشّكل 6** يوضح بدقة خطوات تحضير محلول كِبريتاتِ النّحاس (II).

اشرح لماذا لا يُمكِنُكَ إضافةُ *375 g* من كِبريتاتِ النّحاس *(II)* مُباشرةً إلى *1 L* منَ الماءِ لإعدادِ محلول *1.5M*.

الخطوة 1: تقاس كُتلةُ المُذاب. وتضاف إلى دورق حجمي مناسب يحتوي على كمية مناسبة من المذيب

الخطوة 2: يذاب المُذابُ في الدورق الحجمي.

الخطوة 3: يُضافُ الماءُ المُتطَهِّرُ إلى الدّورقِ حتى يصلَ مستوى المحلولِ إلى العلامةِ المُحدَّدة.

تحضير المحاليل المولاريَّة والآن بعدما تعلَّمتَ كيفيّة حساب مولاريّة المحلول، كيف يُمكِنُكَ تحضيرُ محلول سائلٍ حجمُهُ 1 L ومركيزُهُ *1.50M* من كِبريتات النُّحاس (II) المائيّة ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)؟ يحتوي المحلول السائل $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ والذي يبلُغُ تركيزُهُ *1.50 M* على 1.50 mol من $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ مُذابةً في 1 L من المحلول. الكتلة المولية ل $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ هي تقريبًا 249.70 g وبالتالي فإنَّ 1.50 mol من $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ لهُ كُتلةٌ تُساوي 375 g وهي كُتلةٌ بإمكانِكَ قياسُها بالميزان.

$$\frac{1.50\ \text{mol}\ CuSO_4 \cdot 5H_2O}{\text{محلول}\ 1\ \text{L}} \times \frac{249.7\ \text{g}\ CuSO_4 \cdot 5H_2O}{1\ \text{mol}\ CuSO_4 \cdot 5H_2O} = \frac{375\ \text{g}\ CuSO_4 \cdot 5H_2O}{\text{محلول}\ 1\ \text{L}}$$

ولكن لا يُمكِنُكَ إضافةُ 375 g من $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ إلى 1 L من الماء للحصول على المحلول 1.50M . لأنّها مِثلَ المَوادِّ الأُخرى، تعمَلُ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ على زيادة حجم المحلول إضافةً إلى أنّها تأخُذُ مساحةً. لذلك يجبُ استعمالُ كميّةٍ ماءٍ قليلٍ بعض الشّيء عن 1 L لتحضير 1 L من المحلول مِثلما هُوَ مَوضّحٌ في **الشّكل 6**

غالبًا ما سوف تُجري تجارِبَ تتطلَّبُ استعمالَ كُمِّيّاتٍ صغيرةٍ مِنَ المحلول. فعلى سبيلِ المِثال، قد لا تحتاجُ سوى إلى 100 mL من محلول 1.50M $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ لإجراءِ إحدى التّجارِب. ارجع إلى تعريفِ المَولاريّة. وبنفس طريقة الحساب أعلاه، يحتوي محلول *1.50M of* $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ على 1.50 mol من $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ لكلّ 1 L من المحلول. بالتالي يحتوي 1 L من المحلول على 375 g من $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.

يُمكِنُ استعمالُ هذه العلاقةُ كمُعامِلِ تحويل لِحسابِ كُمِّيّةِ المُذابِ اللّازمةِ لتجربتِكَ.

$$100\ \text{mL} \times \frac{1\ \text{L}}{1000\ \text{mL}} \times \frac{375\ \text{g}\ CuSO_4 \cdot 5H\ 2O}{\text{محلول}\ 1\ \text{L}} = 37.5\ \text{g}\ CuSO_4 \cdot 5H_2O$$

لذلك ستحتاجُ إلى قياس 37.5 g من $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ لإعدادِ 100 mL من محلول *1.50M*.

تطبيقات

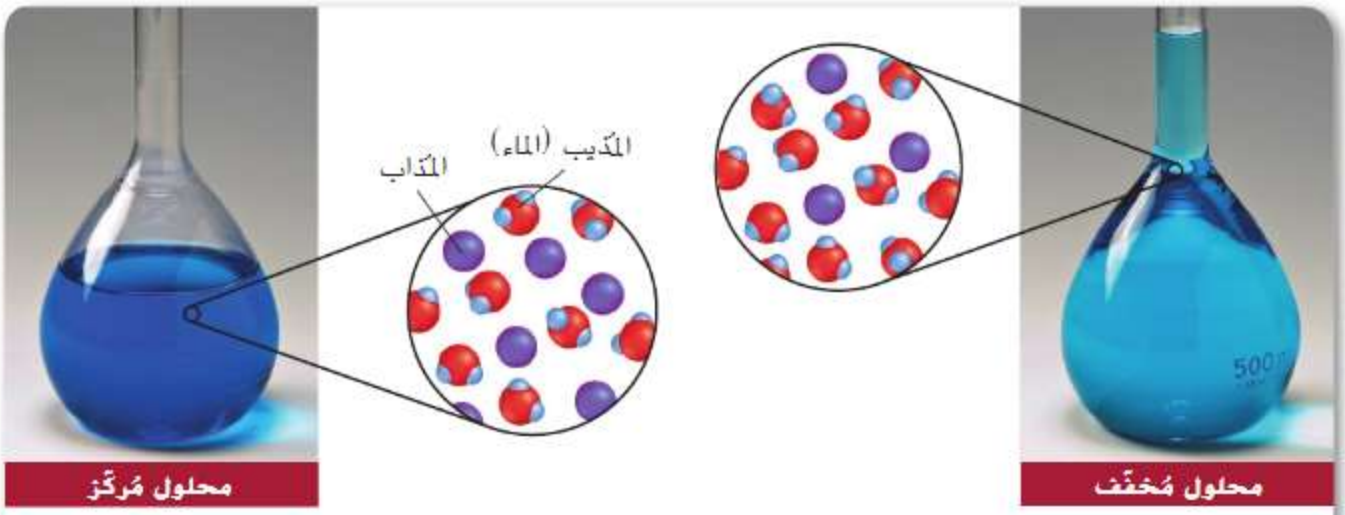
20. ما كُتلة $CaCl_2$ المُذابة في 1.0 L من محلول *0.10M* من $CaCl_2$؟

21. كم جرامًا من $CaCl_2$ يجبُ أن يُذاب في 500.0 mL من الماء لإعدادِ محلول تركيزه 0.20M؟

22. ما كُتلةُ NaOH الموجودةُ في محلول NaOH حجمُهُ 250 mL وتركيزُهُ *3.0M*؟

23. **تَحَدَّ** ما حجمُ الإيثانول (C_2H_5OH) الموجودة في محلول حجمُهُ 100.0 mL وتركيزُهُ *0.15 M*؟ كثافةُ الإيثانول 0.7893 g/mL.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Matt Meadows



■ **الشكل 7** يُمكِنُ التَّخفيفَ من تركيز محلولٍ مُتركِّزٍ عن طريقِ إضافةِ مُذيب. لا يُتغيِّرُ عددُ مُولاتِ المُذابِ عند تخفيفِ المحلول.

تخفيفُ المَحاليل المُولاريَّة قد تَستخدِمُ في المُختبرِ مَحاليلَ مُتركِّزة ذاتَ مُولاريَّة مُحدَّدة تُسمَّى المَحاليلَ القياسيَّة. على سبيلِ المِثالِ، محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) الذي هو $12M$. تَذكَّر أنَّ المحاليلَ المُتركِّزة تحتوي على كُميَّةٍ كبيرةٍ مِنَ المُذاب. يُمكِنُكَ تحضيرُ مَحلولٍ أقلَّ تركيزًا عن طريقِ تَخفيفِ المحلولِ القياسي وذلك عبرَ الزِّيادةِ من كَمِّيَّةِ المُذيب. فعِندَما تُضيفُ المُذيبَ، تَزيدُ عددَ جُسيماتِهِ التي تَتحرَّكُ فيها جُزيئاتُ المُذاب، كما هو مُوضَّحٌ في **الشكل 7** وبالتالي يَقِلُّ تركيزُ المحلول.

كيفَ يُمكِنُكَ تحديد حجم المحلولِ القياسي الذي عليكَ تَخفيفُهُ؟ يُمكِنُكَ إعادةُ ترتيبِ تعبيرِ المولاريَّةِ كي تَجِدَ عددَ مُولاتِ المُذاب.

$$\text{المولاريَّة } (M) = \frac{\text{عددُ مُولاتِ المُذاب}}{\text{حجم المحلول باللِّتر}}$$

$$\text{عددُ مُولاتِ المُذاب} = \text{المولاريَّة} \times \text{حجم المحلول باللِّتر}$$

ولأنَّ عددَ المُولاتِ الإجمالي للمُذابِ لا يتغيَّرُ بالتَّخفيف،

فإنَّ عدد مُولاتِ المُذابِ في المحلولِ القياسي = عدد مولاتِ المُذابِ بعد التَّخفيف.

و بتعويضِ عددِ مولاتِ المُذابِ بالمُولاريَّةِ مضروبةً في حجمِ المحلولِ باللِّتر ،يُمكِنُ التَّعبيرُ عن هذه العلاقةِ في مُعادلةِ التَّخفيف.

مُعادلةُ التَّخفيف

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

M تُمثِّلُ المولاريَّة.
V تُمثِّلُ الحجم.

M_1 وV_1 يُمثلان مولارية وحجم المحلول القياسي، وM_2 وV_2 يمثلان مولارية وحجم المحلول المُخفف. يحتوي المحلول المُتركِّز قبلَ التَّخفيف على نِسبةٍ عاليةٍ من جُسيمات المُذاب مُقارنةً بجُسيمات المُذيب. وتَقِلُّ نِسبةُ جُسيمات المُذاب مُقارنةً بجُسيمات المُذيب بعد إضافةِ كَمِّيةٍ أُخرى من المُذيب.

المُفردات

مُفردات علميّة

مُركَّز
غير مُخفف
أضفنا ماءً أكثر إلى عصير اللَّيمون لأنَّهُ كانَ مُتركِّزًا جِدًّا.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw Hill Education

مثال 3

تخفيف المَحاليل القِياسيَّة إذا كُنتَ تعرِفُ حجمَ وتركيزَ المحلولِ المطلوبِ تحضيرُهُ، يُمكِنُكَ حِسابُ حجمِ المحلولِ القياسيِّ الذي تحتاجُ إليه. ما الحجمُ اللازمُ بالمِلليترات من المحلولِ القياسيِّ لكلوريدِ الكالسيوم ($CaCl_2$) تركيزُهُ 2.00 M لتحضيرِ محلولِ كلوريدِ الكالسيوم حجمُهُ 0.50 L وتركيزُهُ 0.300M؟

1 تحليل المسألة

لَديكَ مُولاريَّة المحلولِ القياسيِّ من $CaCl_2$ وحجم ومُولاريَّة محلولٍ مُخفَّفٍ من $CaCl_2$. استَخدِم العلاقةَ بين المُولاريَّة والحجمِ لإيجادِ حجمِ المحلولِ القياسيِّ المطلوبِ باللِّتر. ثُمَّ حوِّلهُ إلى المِلليتر.

معلوم

$M_1 = 2.00M\ CaCl_2$

$M_2 = 0.300M$

$V_2 = 0.50\ L$

مجهول

$V_1 = ?\ mL\ 2.00M\ CaCl_2$

2 حساب المجهول

ابحث في العلاقة بين المولاريَّة والحجم لإيجادِ حجمِ المحلولِ القياسيِّ V_1.

$M_1V_1 = M_2V_2$ — اكتب مُعادلةَ التَّخفيف.

$V_1 = V_2\left(\frac{M_2}{M_1}\right)$ — ابحث عن حلٍّ لإيجادِ V_1.

$V_1 = (0.50\ L)\left(\frac{0.300M}{2.00M}\right)$ — عوِّض $M_1 = 2.00M$، $M_2 = 0.300\ M$، و $V_2 = 0.50\ L$.

$V_1 = (0.50\ L)\left(\frac{0.300\cancel{M}}{2.00\cancel{M}}\right) = 0.075\ L$ — اضرب واقسم الأعداد والوحدات.

$V_1 = (0.075\ L)\left(\frac{1000\ mL}{1\ L}\right) = 75\ mL$ — حوِّل إلى المِلليتر مُستخدِمًا معامِلَ التَّحويل 1000 mL/1 L.

للقيامِ بالتَّخفيف، قِس 75 ml من المحلولِ القياسيِّ، ثُمَّ خفِّفهُ بكَمِّيَّةٍ ماءٍ كافيةٍ للحُصولِ على الحجمِ النِّهائيِّ 0.50 L.

3 تقييم الإجابة

لقد تمَّ حِسابُ الحجمِ V_1 ثُمَّ تحويلِهِ إلى المِلليترات. يجبُ على هذا الحجمِ أن يكونَ أقلَّ من الحجمِ النِّهائيِّ للمحلولِ المُخفَّفِ، وهو من معطياتِ المسألة. كانَ لِـ V_2 أقلُّ عددٍ من الأرقامِ المَعنويَّةِ، أي رقمين. وبالتالي على الحجمِ V_1 كذلك أن يكونَ لهُ رقمين معنويَّين مثلما وجدنا.

تطبيقات

24. ما حجمُ المحلولِ القياسيِّ 3.00M KI اللازمِ لإعدادِ محلولٍ حجمُهُ 0.300 L وتركيزُهُ 1.25M KI؟

25. ما حجمُ المحلولِ القياسيِّ 5.0M H_2SO_4 اللازمِ لتحضيرِ 100.0 mL من 0.25M H_2SO_4؟

26. تَحَدَّ إذا تمَّ تخفيفُ محلولٍ قياسيٍّ من HCl حجمُهُ 0.50 L وتركيزُهُ 5.00M ليَصبحَ حجمُهُ 2.0 L، فما هي كُتلةُ HCl الموجودةُ في المحلولِ بالجرامات؟

حقوق الطبع والنشر محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education ©

المولالية يتغيّر حجمُ المحلولِ عند تغيُّرِ درجةِ الحرارةِ؛ إذ يتمدَّدُ أو يتقلَّصُ. يؤثِّرُ هذا التَّغيُّرُ في الحجمِ في مَولاريّةِ المحلولِ. لا تتأثَّرُ كُتلُ المادّةِ في المحلولِ مع ذلك بدرجاتِ الحرارةِ. لِذا مِنَ المُفيدِ أحيانًا وَصفُ المحاليلِ بِقِدَرِ مَولاتِ المُذابِ الموجودةِ في كُتلةٍ مُعيَّنةٍ من المُذيبِ. يُسمّى مثلُ هذا الوصفِ **المولاليّة**— بِنسبةِ عددِ مَولاتِ المُذابِ الموجودةِ في 1 kg من المُذيبِ. تُقرأُ الوحدةُ m مولاليّة.

ويُسمّى تركيزُ المحلولِ الذي يحتوي على 1 mol من المُذابِ لِكُلِّ 1 kg من المُذيبِ، مولالي (1 m).

$$\text{المولاليَّة } (m) = \frac{\text{عددُ مولات المُذاب}}{\text{كتلة المذيب (kg)}}$$

مثال 4

حسابُ المولاليَّة يقومُ أحدُ الطلابِ في المختبرِ بإضافةِ 4.5 g من كلوريدِ الصَّوديومِ (NaCl) إلى 100.0 g من الماءِ. احسبْ مَولاليّةَ المحلولِ.

1 حلّل المسألة

لَديكَ كُتلةُ المُذيبِ والمُذابِ. حدِّدْ عددَ مَولاتِ المُذابِ. ثمّ بإمكانِكَ حِسابُ المَولاليّةِ.

معلوم

كُتلةُ الماء $(H_2O) = 100.0\ g$

كُتلةُ كلوريد الصَّوديوم $(NaCl) = 4.5\ g$

مجهول

$m = ?\ mol/kg$

2 حساب المجهول

$$4.5\ g\ NaCl \times \frac{1\ mol\ NaCl}{58.44\ g\ NaCl} = 0.077\ mol\ NaCl$$

احسبْ عددَ مَولاتِ المُذابِ.

$$100.0\ g\ H_2O \times \frac{1\ kg\ H_2}{1000\ g\ H_2O} = 0.1000\ kg\ H_2O$$

حوِّلْ كُتلةَ H_2O من الجرامات إلى الكيلوجرامات مُستعمِلاً 1 kg/1000 g.

عوِّضِ القِيَمَ المعلومةَ بالتَّعبيرِ عن المولاليّةِ وحلِّ المسألةَ.

$$m = \frac{\text{عددُ مولات المُذاب}}{\text{المُذيب بالكيلوجرامات}}$$

أكتُبْ مُعادلةَ المولاليّةِ.

$$m = \frac{0.077\ mol\ NaCl}{0.1000\ kg\ H_2O} = 0.77\ mol/kg$$

عوِّضْ عددَ مَولاتِ المُذابِ = 0.077 mol NaCl.
كتلةَ المُذيبِ = 0.1000 kg H_2O.

3 تقييم الإجابة

بما أنَّهُ كان هناك أقلّ من عَشْرِ مَول من المُذاب في عَشْرِ كيلوجرامٍ من الماءِ، ستكونُ المَولاليّةُ أقلَّ مِن واحدٍ، وذلك ما تحصَّلنا عليه. لقد تمَّ التَّعبيرُ عن كتلةِ كلوريدِ الصَّوديوم برقمينِ معنويَّينِ اثنين، بالتالي، فإنَّ المولاليّةَ أيضًا يُعبَّرُ عنها برقمينِ معنويَّينِ اثنين.

تطبيقات

27. ما مَولاليّةُ محلولٍ يحتوي على 10.0 g من Na_2SO_4 ذائبةٍ في 1000.0 g من الماء؟
28. **تَحَدَّ** ما كُتلةُ $(Ba(OH)_2)$ اللازمةُ، لتحضيرِ محلولٍ سائلٍ تركيزُه $1.00m$؟

حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الكَسر المُولي إذا عُرِفَت عدد مَولاتِ المَذاب والمُذيب، يُمكِنُكَ كذلك التَّعبيرُ عن تَركيزِ المحلولِ بما يُعرفُ **بِالكسرِ المُولي**، وهُو نِسبةُ عددِ مَولاتِ المَذاب أو المُذيب في المحلول مُقارنةً بِعددِ المَولاتِ الإجمالي للمُذيب والمَذاب، مثلما هُو مَوضّحٌ في **الشَّكل 8**.

يَستخدمُ الرَّمزُ X عادةً لِلكَسرِ المَولي مع كِتابةِ رمزٍ تحتهُ للإشارةِ إلى المُذيب أو المَذاب. ويُمكِنُ التَّعبيرُ عن الكَسرِ المَولي للمُذيب (X_A) والكَسرِ المَولي للمَذاب (X_B) كالتَّالي.

الكَسر المُولي

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} \qquad X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

X_A و X_B يُمثِّلان الكسر المولي لِكُلِّ مادَّةٍ.
n_A و n_B يُمثِّلان عدد المولات لِكُلِّ مادَّةٍ.

يُساوي الكسرُ المولي عدد مَولاتِ المَذاب أو المُذيبِ في المحلول مقسومًا على العدد الإجمالي لِمَولاتِ المَذابِ والمُذيب.

فَعلى سَبيلِ المِثال، افرض أنَّ محلولَ حمضِ الهيدروكلوريك يَحتوي على 36 g من HCl و 64 g من H_2O. لِتحويلِ هذه الكُتَلِ إلى مَولاتٍ عليكَ استِعمالُ الكُتَلِ المَوليَّةِ كَمعاملِ تَحويلٍ.

$$n_{HCl} = 36\ \text{g HCl} \times \frac{1\ \text{mol HCl}}{36.5\ \text{g HCl}} = 0.99\ \text{mol HCl}$$

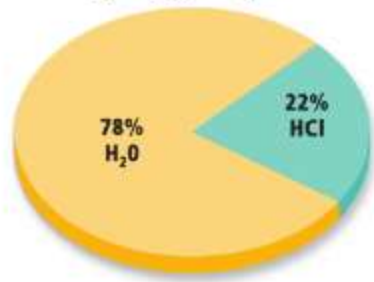
$$n_{H_2O} = 64\ \text{g } H_2O \times \frac{1\ \text{mol } H_2O}{18.0\ \text{g } H_2O} = 3.6\ \text{mol } H_2O$$

يُمكِنُ التَّعبيرُ عن الكُسورِ المَوليَّة لِـ HCl وللماء كالآتي.

$$X_{HCl} = \frac{n_{HCl}}{n_{HCl} + n_{H_2O}} = \frac{0.99\ \text{mol HCl}}{0.99\ \text{mol HCl} + 3.6\ \text{mol } H_2O} = 0.22$$

$$X_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{n_{HCl} + n_{H_2O}} = \frac{3.6\ \text{mol } H_2O}{0.99\ \text{mol HCl} + 3.6\ \text{mol } H_2O} = 0.78$$

حمض هيدروكلوريك في محلول مائي



$$X_{HCl} + X_{H_2O} = 1.00$$
$$0.22 + 0.78 = 1.00$$

■ **الشَّكل 8** يُشيرُ الكسر المولي إلى عددِ مولات المَذاب والمُذيب بالنِّسبةِ إلى عدد المَولاتِ الإجمالي في المحلول. ويُمكِنُ النَّظرُ إلى الكسرِ المولي على أنَّهُ نِسبةٌ مِئويَّةٌ. فعلى سبيلِ المِثال، الكسرُ المولي للماء (X_{H_2O}) هُو 0.78. أي أنَّهُ يُمكِننا القولُ أيضًا أنَّ المحلول يحتوي على 78% من الماء. (استِنادًا إلى المَول).

تطبيقات

29. ما الكسر المولي لِـNaOH في محلولٍ سائل يحتوي على 22.8% من NaOH بالكُتلة؟
30. **تَحَدَّ** إذا كان الكسرُ المولي لِحمضِ الكِبريتيك (H_2SO_4) في محلولٍ سائل هو 0.325. فما هي النِّسبة المِئويَّة بالكُتلة لِـ H_2SO_4؟

القسم 2 مُراجعة

مُلخَّص القسم

- يُقاسُ التَّركيزُ كَمًّا ونوعًا.
- المَولارية هي عددُ مَولاتِ المَذاب في كُلِّ لترٍ من المحلول.
- المولاليَّة: نِسبةُ عددِ مَولاتِ المَذاب في 1 kg من المُذيب.
- لا يتغيَّرُ عددُ مولاتِ المَذاب جَلاءَ التَّخفيف.

31. الفكرة **الرئيسة قارِن وقابل** بين خمس طُرُقٍ للتَّعبيرِ عن تركيزِ المحاليل كَمِّيًّا.
32. **وضِّح** أوجُهَ التَّشابُهِ وأوجُهَ الاختِلافِ بين 1*M* من محلول NaOH و 1*m* من محلول NaOH.
33. **احسب** تحتوي عُلبةُ حساءِ الدَّجاجِ على 450 mg من كلوريد الصَّوديوم في 240.0 g من الحساء. ماهي النِّسبةُ المِئويَّةُ بالكُتلةِ لِكلوريد الصَّوديوم في الحساء؟
34. **جِد** كُتلةَ كلوريد الأمونيوم (NH_4Cl)، اللازِمة بالجرامات لِتحضيرِ محلولٍ مائيٍّ حَجمُهُ 2.5 L وتركيزُهُ 0.5*M*؟
35. **لخِّص** الخطوات العمليَّة لِتحضيرِ محلولٍ مُخفَّفٍ بِحجمٍ مُعيَّنٍ انطلاقًا من محلولٍ قياسيٍّ مُركَّز.

حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3

العوامل المُؤثّرة في الذّوبان

الفكرة الرئيسة تؤثّر بعض العوامل مثل درجة الحرارة والضّغط والقطبيّة في تكوّن المحلول.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تؤثّر القوى البين جزيئية في عمليّة الإذابة؟
- ما الذّائبيّة؟
- أيّ العوامل تؤثّر في الذّوبان؟

مُفردات المُراجعة

طارد للحرارة exothermic: تفاعلٌ كيميائي يُطلق طاقةً أكثر مما يحتاج لِكسر روابط المواد المتفاعلة الأوليّة.

المفردات الجديدة

الإذابة	solvation
حرارة المحلول	heat of solution
محلول غير مشبع	unsaturated solution
محلول مشبع	saturated solution
محلول فوق المشبع	supersaturated
قانون هنري	henry's law

الكيمياء في حياتك

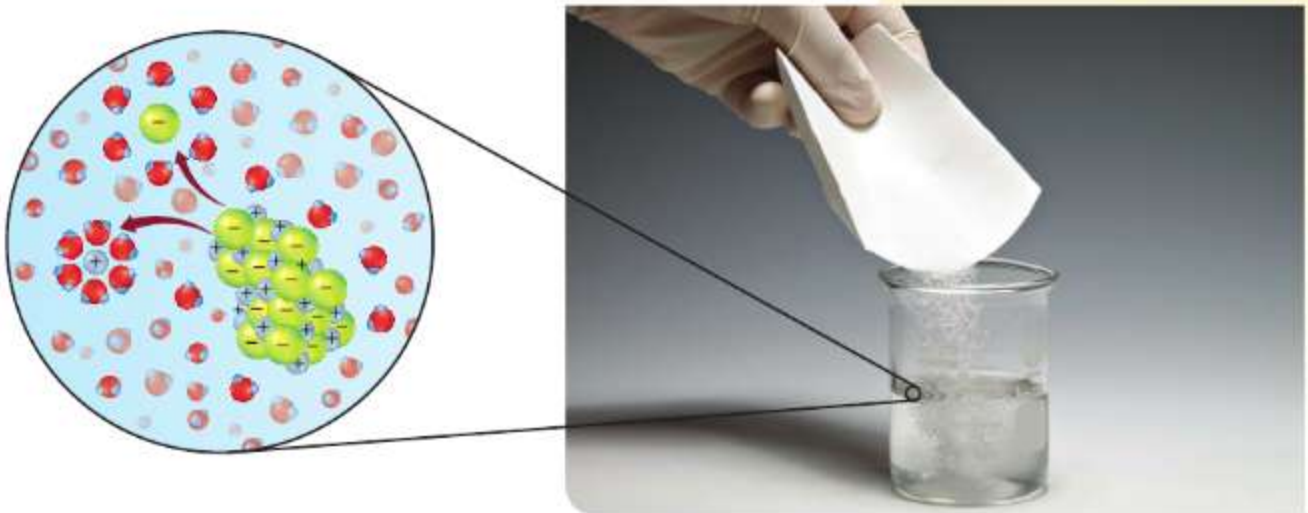
إذا قُمت في ما مضى بتحضير حساء من خليط جافّ، فقد قُمتَ بإضافة الماء البارد إلى الخليط الجاف ثمّ حرّكته. في البداية، لا تذوبُ سِوى كميّة قليلة من المسحوق في الماء البارد. وبعد تسخينه وتحريكه مرّة أخرى تَجدُ أنّ كُلّ المسحوق قد ذاب وأصبح لديك حساءٌ.

عمليّة الإذابة

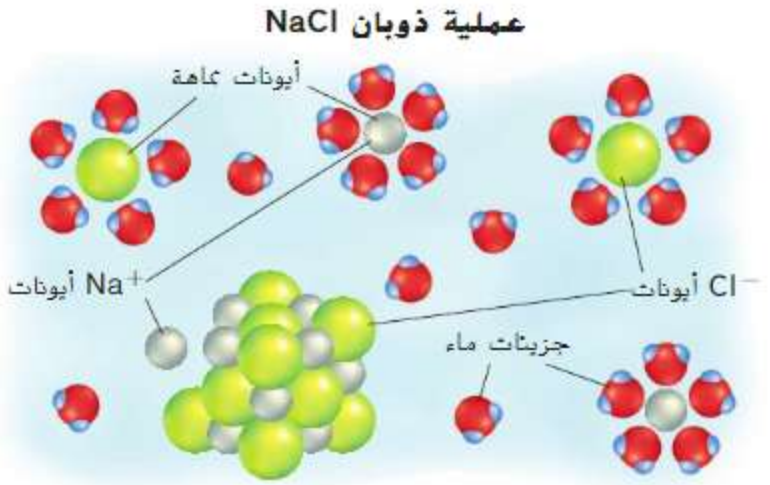
لماذا تذوب بعض المواد في بعضها البعض على عكس المواد الأخرى؟ لكي يتكوّن المحلول، يجب على جُسيمات المَذاب أن تنفصل عن بعضها البعض ويجبُ أن تَمزُج جُسيمات المَذاب مع جُسيمات المذيب. تذكّر أنّ قُوى التّجاذب موجودة بين جُسيمات كلّ المواد. فهي موجودة بين جُسيمات المذاب النّقيّة وبين جُسيمات المذيب النّقيّة وكذلك بين جُسيمات المذاب والمذيب. فعِند وضع مَذابٍ صلبٍ في مذيب، تُحيط جُسيمات المذيب بسطح المذاب الصّلب تماما. فإذا كانت قُوى التّجاذب بين جُسيمات المَذيب والمَذاب أكبر من قوى التّجاذب التي تَبقي على جُسيمات المذاب مُتماسكة فسوف تفصلُ جُسيمات المذيب جُسيمات المَذاب عن بعضها البعض وتُحيط بها. ثم تبتعدُ جُسيمات المذاب المُحاطةُ بجُسيمات المَذيب عن المذاب الصّلب وتتّجه نحو المحلول.

وتُسمّى عمليّة إحاطة جُسيمات المَذاب بجُسيمات المذيب **الذّوبان**، مثلما هو مُوضّحٌ في **الشّكل 9**. تُسمّى الذّوبانَ في الماء الإماهة. "الشبيه يذيب الشبيه" هي القاعدة العامّة المُستخدمة لتحديد ما إذا كانت عمليّة الذّوبان تحدث في مذيب مُعين. ولتحديد ما إذا كان المذيب والمذاب مُتماثلين، يجبُ دراسة روابط وقُطبيّة الجُسيمات والقُوى البين جُزيئيّة بينها.

■ **الشّكل 9** يبدأ الملح في الانفصال عندما يوضعُ في الماء. إذ تُسحبُ جُسيمات المَذاب من المادّة الصّلبة وتُحاطُ بجُسيمات المَذيب.



McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Matt Meadows



■ **الشّكل 10** يذوب كلوريد الصوديوم في الماء عندما تُحيط جُسيمات الماء بأيونات الصوديوم والكلوريد. لاحظ كيف تُوجّهُ جُسيمات الماء القطبيّة نفسها حول الأيونات الموجبة والأيونات السّالبة بطريقة مُختلفة.

المحاليل السائلة للمُركبات الأيونيّة تذكّر أنّ جُسيمات الماء هي جُسيماتٌ قُطبيّة في حركة مستمرّة، حسب نظريّة الحركة الجزيئيّة. فعند وضع بلّورة من مُركّب أيوني مثل كلوريد الصوديوم (NaCl) في الماء، تصطدمُ جُسيمات الماء بسطح البلّورة. وعندها تجذب أطراف جُسيمات الماء المشحونة أيونات الصّوديوم المُوجبة وأيونات الكلوريد السّالبة. وهذا التّجاذب بين ثنائيّات الأقطاب والأيونات أكبرُ من التّجاذب بين الأيونات في البلورة. لذلك تبتعدُ الأيونات عن سطح البلّورة. تُحيط جُسيمات الماء بالأيونات، فتتنقلُ الأيوناتُ المُذابة نحو المحلول، كما هو مُوضّحٌ في **الشّكل 10**، مُعرّضةً أيوناتٍ أكثر على سطح البلورة للذوبان. وهكذا تستمرّ عمليّة الذّوبان حتّى تذوب البلّورة كلّها.

ليست كُلّ المواد الأيونية قابلة للإذابة عن طريق جُسيمات الماء. فالجبس مثلاً لا يذوب في الماء لأن قوّة التّجاذب بين أيونات الجبس قويّة جدًّا بحيث لا تستطيع قوّة التّجاذب بين جُسيمات الماء وأيونات الجبس التّغلّب عليها. كما هو مُوضّحٌ في **الشّكل11**، فقد ساهمت اكتشافات محاليل ومخاليط معينة منها الجبيرة الطّبية المصنوعة من الجبس في تطوير الكثير من المنتجات والعمليّات.

■ **الشّكل 11**

إنجازات مُهمّة في كيمياء المحاليل

لقد ساهم العلماء العاملين في مجال المحاليل في تطوير مُنتجات وعمليّات في مجالات مثل التّقنية الطّبيّة وتحضير الطّعام وحفظه والصّحّة العامّة والسّلامة.

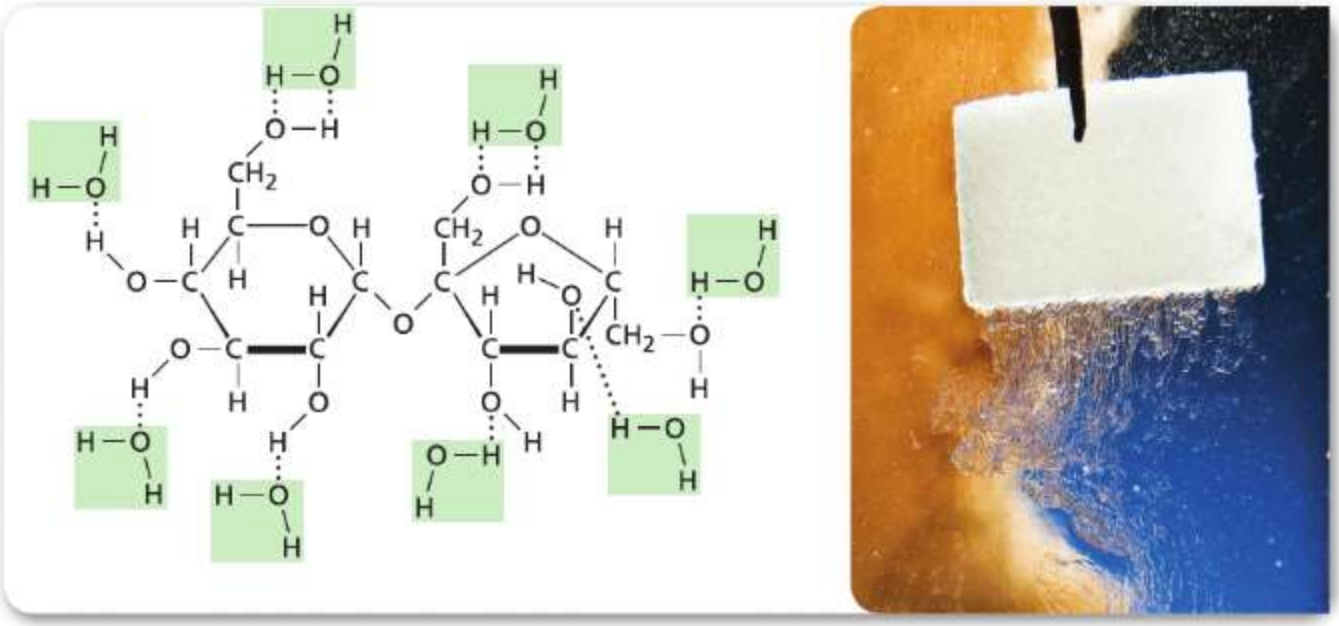
1870 1866 كان اختراع السّلولويد، وهو عبارةٌ عن محلول من الكافور والسليلوز، إشارةً إلى بدايات صناعة اللّدائن.

1890 1883 أوّل نجاح لجهاز طرد مركزي يستعملُ القُوّة المُتولّدة عن الدّوران السّريع لِفصل مُكوّنات المخلوط.

1910 1899 سُجّلت حديثًا براءة اختراع لِتقنيةٍ تُستخدم للتّقليل من حجم حُبيبات الدّهن الذّائبة في الحليب لِمنع تكوُّن طبقةٍ زَبد وهي عملية تُسمى التّجانس.

1916 طوّر الأطبّاء محلول جلسرين يسمحُ بتخزين الدّم لِمدّة أسابيع بعد سحبه لِأجل عمليّات نقل الدّم.

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف © Image Source/Getty Images



■ **الشّكل 12** تحتوي جُسيماتُ السّكروز على ثمانية روابط O-H قُطبيّة. وتكوّن جُسيمات الماء روابط هيدروجينية مع روابط O-H ممّا يسحبُ السّكروز داخل المحلول.

المحاليل السائلة للمُركّبات الجُزيئيّة يُعدُّ الماء أيضًا مَذيبًا جيّدًا للعديد من المُركّبات الجُزيئيّة. فسُكّر المائدة هو عبارةٌ عن المركّب الجُزيئي للسّكروز. وكما هو مُوضّح في **الشّكل 12**، فجُسيماتُ السّكروز قُطبيّة وتحتوي على عدّة روابط O-H. وبتجرّد مُلامسة بلّورات السُّكر الماء، تصطدم جُسيمات الماء بالسّطح الخارجي للبلّورات. وتُصبح كلّ رابطة O-H في السكروز موقعًا لتكوين روابطَ هيدروجينيّة مع الماء. فتتغلّبُ قُوى التّجاذب بين جُسيمات الماء القطبية وجُسيمات السكروز القطبيّة على قُوى التجاذب بين جُسيمات السكروز. فتترك جُسيمات السّكروز البلّورة، وتُصبح ذائبةً في الماء.

الزّيت هو مادّةٌ تتكوّنُ أساسًا من الكربون والهيدروجين. ولا يَكوّن محلولاً مع الماء. وذلك لأنّ قُوى التجاذب بين جُسيمات الماء القطبيّة وجُسيمات الزّيت غير القطبية ضعيفة. غير أنّ الزّيت المَنسكِبَ يُمكن تنظيفه بمَذيبٍ غير قُطبيّ لأنّ المَذاب غير القطبي يذوب بسهولة أكبر في المذيبات غير القطبيّة.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Charles D. Winters/McGraw-Hill Education

يذوب مُكعَّب السُّكَّر في الشَّاي المُثلَّج ببُطء، لكنّ تحريكة سيجعلهُ يذوب بسُرعةٍ أكبر.

يذوبُ السُّكَّرُ المطحونُ في الشَّاي المُثلَّج بسُرعةٍ أكبرَ من مُكعَّب السُّكَّر. كما سيُساهِمُ التَّحريكُ في إذابة السُّكَّر المطحون بشكلٍ أسرع.

يذوبُ السُّكَّر المطحون في الشَّاي الشاخن بسُرعةٍ كبيرة.

■ **الشَّكل 13** يؤثِّرُ كلٌّ من التَّحريك ومساحة السَّطح ودرجة الحرارة في سرعة الذَّوبان.

حرارة المحلول يجبُ على جُسيمات المَذاب خلال عمليّة الإذابة أن تنفصل عن بعضها البعض. كما يجبُ على جُسيمات المُذيب كذلك أن تتباعد ليتسنّى لجُسيمات المَذاب بالدّخول بينها. والطّاقة ضَروريّة للتّغلّب على قُوى التّجاذب بين جُسيمات المَذاب وجُسيمات المُذيب، بالتالي، فإنّ كِلتا الخُطوتين ماصّتان للحرارة. فعند خلط جُسيمات المُذيب مع جُسيمات المذاب، تتجاذب جُسيماتهما وتنبعثُ الطاقة. تُعدُّ هذه الخطوة في عمليّة الإذابة طاردةً للطّاقة. ويُسمّى التّغير الكُلّي للطّاقة الذي يحدث خلال عملية تكوُّن المحلول **حرارة المحلول**.

وكما لاحظتَ في التجربة الاستهلاليّة في بداية هذه الوحدة، فإنّ بعض المحاليل تُنتجُ الطّاقة أثناء تكوُّنها، بينما يمتصُّ بعضُها الآخر الطّاقة خلال تكوُّنه. فعلى سبيل المثال، بعد ذوبان نيترات الأمونيوم في وعاءٍ يحوي ماءً، يُصبح الوعاء باردًا. وفي المُقابل، بعد ذوبان كلوريد الكالسيوم في وعاءٍ يحوي ماءً، يُصبح الوعاء ساخنًا.

☑ **التّأكد من فهم النصّ** **اشرح** لماذا تمتصُّ بعضُ المحاليل الطّاقة أثناء تكوُّنها بينما يُنتجُ بعضها الآخر الطاقة أثناء تكوُّنه.

العواملُ المُؤثِّرة في الإذابة

تحدُث الإذابة فقط عندما تتّصلُ جُسيمات المَذاب والمذيب ببعضها البعض. هنالك ثلاثُ طُرُقٍ شائعةٍ مَوضّحة في **الشَّكل 13** لزيادةِ التّصادمات بين جُسيمات المَذاب وجُسيمات المُذيب مما يزيدُ من سُرعة إذابة المَذاب وهي: التّحريك وزيادةُ مساحةِ سطح المذاب ورفع درجة حرارة المذيب.

التَّحريك يعمل تحريك المحلول أو هزّه على إبعاد جُسيمات المذاب الذائبة عن سطح الاتصال بسرعة أكبر، وبذلك يسمح بحدوث تصادمات أخرى بين جُسيمات المَذاب وجُسيمات المذيب. فبِدون تحريك المحلول، تتحركُ الجُسيمات الذّائبة ببطءٍ بعيدًا عن مناطق الاتّصال.

مساحةُ السَّطح إنّ تكسير المَذاب إلى قطعٍ صغيرة يزيدُ من مساحةِ سطحِهِ. تسمّحُ الزّيادة في مساحة السّطح بالزّيادة في عدد التّصادمات. لهذا السّبب فإنّ ذوبان ملعقةٍ صغيرةٍ من السُّكّر المطحون يكونُ أسرعَ من ذوبان نفس الكميّة من السُّكّر الذي يكون في شكل مُكعّبات.

الحرارة تتأثّرُ سُرعة الذّوبان بدرجةِ الحرارة. يذوبُ السُّكّر مثلاً في الشّاي السّاخن مثلما هو مُوضّحٌ في **الشَّكل 13** بسُرعة أكبر من ذوبانهِ في الشّاي المُثلّج. بالإضافة إلى ذلك، تستطيعُ المُذيباتُ السّاخنةُ إذابةَ كميّةً أكبر من المذاب الصلب. يستوعبُ الشّاي السّاخن سُكّرًا ذائبًا أكثر من الشّاي المُثلّج. تسلكُ أغلبُ المواذّ الصّلبة نفس سُلوكَ السُّكّر عند الذّوبان.

فمع الزّيادة في درجة الحرارة، ترتفعُ كذلك نسبةُ الذّوبان. ولكنّ ذوبان بعض المواذّ الأخرى، مثل الغازات، يقلّ بزيادةِ درجةِ الحرارة. فعلى سبيل المثال، تفقدُ المشروبات الغازيّة صوت الفوران (ثاني أُكسيد الكَربون) بشكلٍ أسرع عند درجة حرارة الغُرفة مثلما لو كانت باردة.

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف © (b) Foodcollection, (c) McGraw-Hill Education

الذّائبيّة

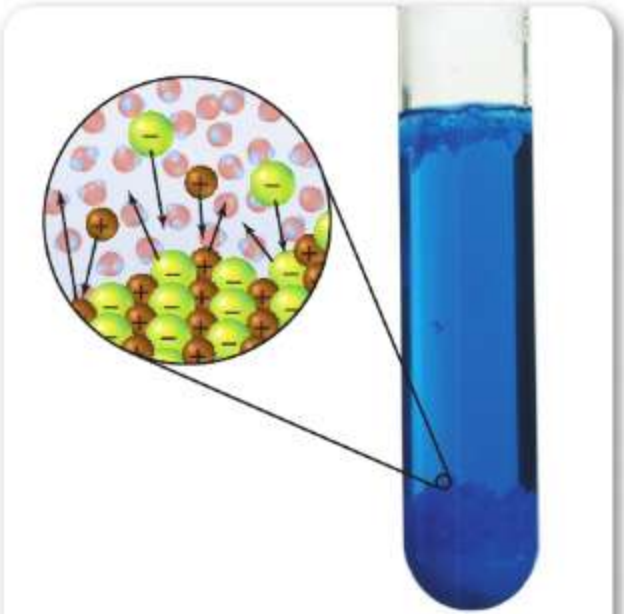
مثلما يُمكن فهمُ عمليّة الذّوبان على مُستوى الجُسيمات، يُمكن كذلك فهم الذّائبية على مُستوى الجُسيمات. تعتمدُ ذائبيّةُ المُذاب على طبيعةِ كُلٍّ من المُذاب والمُذيب. فعند إضافةِ المُذاب إلى المُذيب، تتصادمُ جُسيمات المذيب مع جُسيماتِ سطحِ المُذاب؛ وتبدأ جُسيماتُ المذاب في الاختلاط عشوائيًّا في جُسيمات المذيب. في البداية، تتحرّكُ جُسيماتُ المذاب بعيدًا عن البلّورة. إلا أنّهُ مع زيادةِ عدد الجُسيمات الذّائبة، يتسبّبُ نفسُ الاختلاط العشوائي في تصادُماتٍ مُتتابعة ومُتزايدة بين جُسيمات المُذاب الذّائبة وبقيّة البلّورة. تلتصقُ بعض جُسيمات المُذاب المُتصادمة بسطح البلّورة أو تتبلوّر مثلما هُوَ مُوضّحٌ في **الشّكل 14**. ومع استمرار عمليّة الذّوبان، تزدادُ سُرعة التّبلوُر، بينما تبقى سُرعة الذّوبان ثابتة. طالما تبقى سُرعة الذّوبان أعلى من سُرعة التّبلوُر، فإنّ النّتيجة هي الاستمراريّة في عمليّة الذّوبان.

واعتمادًا على كميّةِ المُذاب الموجودة، قد تتساوى سُرعةُ الذّوبان وسُرعةُ التّبلوُر في نهاية المطاف. وعند هذه النّقطة، لا يذوبُ المزيدُ من المُذاب ويُصبحُ هنالك اتزانٌ ديناميكي بين التبلوُر والذّوبان (طالما بقيت درجةُ الحرارة ثابتة).

المحاليل غير المُشبعة يحتوي **المحلول غير المُشبع** على كميّة مُذابٍ أقلّ من المحلول المُشبع عند درجة حرارةٍ وضغطٍ مُعيّنين. بعبارةٍ أُخرى، يُمكن إذابةُ كميّةٍ أكبر من المُذاب في المحلول غير المُشبع.

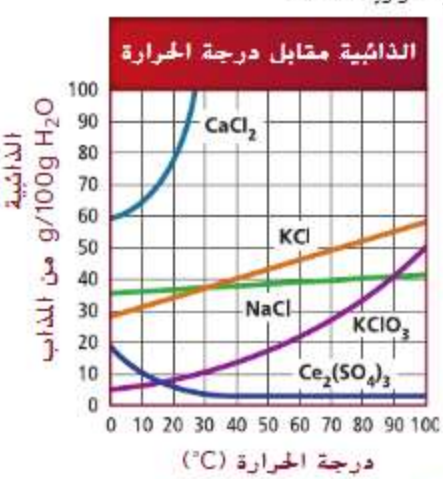
المحاليل المُشبعة رغم استمراريّة جُسيمات المُذاب في الذّوبان والتبلوُر في المحاليل التي تصلُ إلى حالة الاتزان، إلاّ أنّ الكميّة الإجماليّة للمُذاب الذّائبة في المحلول تبقى ثابتة. يُعرفُ مثل هذا المحلول، المُوضّح في **الشّكل 14 بالمحلول المُشبع**، وهو يحتوي على أكبر كميّةٍ من المُذاب ذائبةٌ في كميّةٍ مُحدّدة من المُذيب في درجةِ حرارةٍ وضغطٍ مُعيّنين.

درجة الحرارة والمحاليل فوق المُشبعة تتأثّرُ الذّائبيّة بارتفاع درجة حرارة المُذيب لأنّ طاقة جُسيماته الحركيّة تزداد، مِمّا يُنتجُ تصادُماتٍ مُتتالية أكثر وتصادُماتٍ ذات طاقةٍ أعلى مُقارنةً بالتّصادُمات التي تحدثُ في درجاتِ حرارةٍ مُنخفضة. يُوضّحُ **الشّكل 15**، أنّ ذائبيّة الكثير من المواد تكونُ أكبر في درجات حرارةٍ أعلى. فمثلاً، ذائبيّةُ كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) تُساوي 64 g $CaCl_2$ لكلّ 100 g H_2O في درجةِ حرارةٍ تساوي 10°C. عند زيادة درجة الحرارة إلى ما يُقاربُ 27°C، تزدادُ الذّائبيّة تقريبًا بنسبة 50% لتُصبح 100 g $CaCl_2$ لكلّ 100 g H_2O. بالنّسبة لِذائبيّة المواد الأُخرى مثل كبريتات السّيريوم، $Ce_2(SO_4)_3$، فإنّها تنخفضُ بِسُرعةٍ في البداية إذا ما ارتفعت درجةُ الحرارة، لكنّها بعد ذلك تبقى ثابتةً.



■ **الشّكل 14** تُساوي سُرعةُ الذّوبان في محلولٍ مُشبع سُرعةَ التّبلوُر. كميّة المُذابِ المُذابة لا تتغيّر.

■ **الشّكل 15** يُبيّنُ هذا الرسم البياني ذائبيّة عِدّةِ مواد في درجاتِ حرارةٍ مُختلفة.



التّأكد من فهم الرسم البياني

حدّد ذائبيّة NaCl في درجة حرارةٍ تُساوي 80°C؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Andrew Lambert Photography/Science Photo Library/Photo Researchers

الجدول 4 ذائبيّة بعض المواد في الماء في درجات حرارةٍ مُختلفة

المادّة	الصّيغة	الذّائبيّة *(g/100 g H_2O)			
		0°C	20°C	60°C	100°C
كبريتات الألمنيوم	$Al_2(SO_4)_3$	31.2	36.4	59.2	89.0
هيدروكسيد الباريوم	$Ba(OH)_2$	1.67	3.89	20.94	–
هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$	0.189	0.173	0.121	0.076
كبريتات الليثيوم	Li_2SO_4	36.1	34.8	32.6	–
كلوريد البوتاسيوم	KCl	28.0	34.2	45.8	56.3
كلوريد الصّوديوم	NaCl	35.7	35.9	37.1	39.2
نيترات الفضّة	$AgNO_3$	122	216	440	733
السّكروز	$C_{12}H_{22}O_{11}$	179.2	203.9	287.3	487.2
الأمونيا*	NH_3	1130	680	200	–
ثاني أكسيد الكربون*	CO_2	1.713	0.878	0.359	–
الأكسجين*	O_2	0.048	0.031	0.019	–

* L/1 L H_2O من الغاز في الضغط القياسي (101 kPa)

المفردات

أصل الكلمة

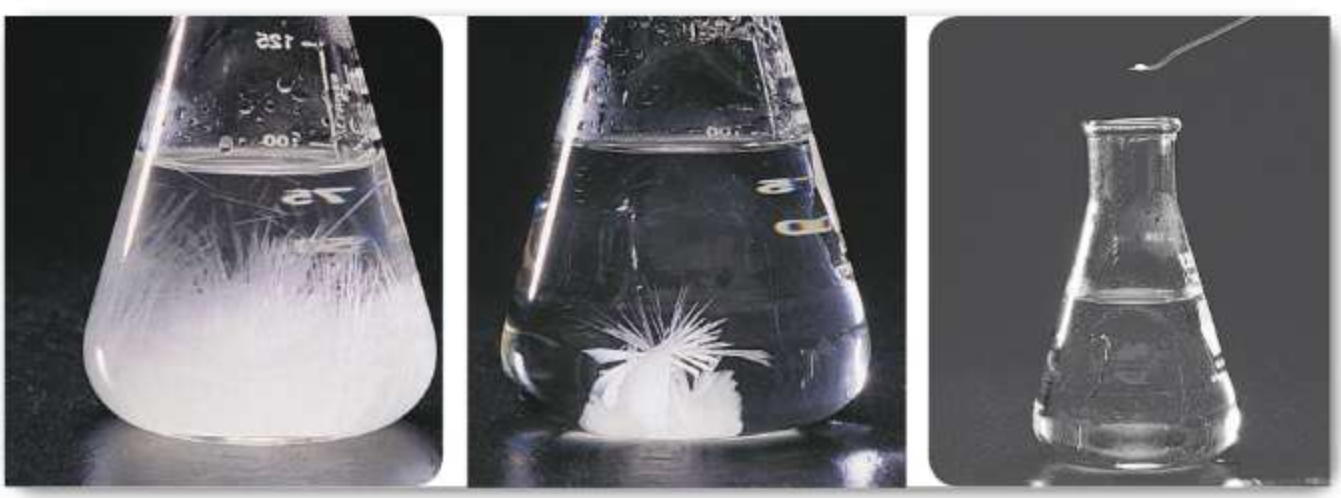
مُشبع Saturated

مُشتقّة من الكلمة الّلاتينيّة saturatus والتي تعني تُشبِعَ

تُوضّحُ البياناتُ في **الجدول 4** كذلك تأثير درجة الحرارة على الذّائبيّة. لاحظ في **الجدول 4** أن درجة حرارة 20°C تُذيب 203.9 g من السّكروز ($C_{12}H_{22}O_{11}$) في 100 g من الماء. وفي 100°C، يذوبُ 487.2 g من السّكروز في 100 g من الماء، وهذا يعني زيادة قابلية الذّوبان بـ 140%.

حقيقة أن الذائبية تتغير عند تغير درجة الحرارة وأن بعض المواد تصبح أكثر قابلية للذوبان عند زيادة درجة الحرارة، هي المفتاح الأساسي لتكوّنِ المحاليل فوق التّشبعة. يحتوي **المحلول فوق المُشبع** على كميّةٍ أكبر من المادّة المَذابة مُقارنةً بمحلولٍ مُشبعٍ في درجةِ الحرارةِ نفسِها. ولإعدادِ محلولٍ فوق مُشبع، يتمُّ تحضيرُ محلولٍ مُشبعٍ عند درجةِ حرارةٍ عاليةٍ، ثُمّ تبريدُهُ ببُطء. إذ يسمحُ التّبريدُ البطيءُ للمادّةِ المَذابةِ الزّائدة بأن تبقى مَذابةً في المحلول في درجة حرارةٍ مُنخفضة.

■ **الشّكل 16** عند إضافة نواة الّتبلوّر إلى محلول فوق مُشبعٍ فإنّ المادّة الزّائدة تتبلوّر.



McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف © Stephen Frisch/McGraw-Hill Education

■ **الشّكل 17** تُعتبرُ الرّواسب المعدنيّة على حوافّ الينابيع المعدنيّة السّاخنة مثالًا على البلّورات التي تكوّنت من المحاليل فوق المَشبعة.

المحاليل فوق المَشبعة غيرُ ثابتة. فعند إضافةِ قِطعةٍ صغيرةٍ من المَذاب تَسعى ذواتُ البلّور إلى محلولٍ فوق مَشبعٍ، تترسّبُ المادّة المَذابة الزّائدة بسُرعة، كما هو موضّحٌ في **الشّكل 16**. ويُمكن أنْ يحدُث التبلوُر كذلك عند خدش الجزء الدّاخلي من الوعاء أو عند تعرُّض المحلول فوق المَشبع إلى صدمةٍ ماديّة مثل التّحريك أو الطّرق على الوعاء. وباستعمال يوديد الفضّة (AgI) كنواةٍ تكاثفٍ في الهواء فوق المَشبع بخار الماء يؤدّي إلى تجمّع جُسيمات الماء في صورة قَطيرات قد تتساقطُ على الأرض على هيئةِ مطرٍ. تُستَعمل هذه الآليةُ استمطارَ السّحب. كما يتكوّنُ سُكّر النّبات والرّواسب المعدنيّة على حوافّ الينابيع المعدنيّة كالتي تظهرُ في **الشّكل 17** من محاليل فوق مَشبعة.

ذائبيّةُ الغازات كما هو موضّح في **الجدول 4**، تَقلُّ ذائبيّة كلٍّ من غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون عند درجات الحرارة المَرتفعة مُقارنةً بدرجات الحرارة المُنخفضة. وهذا سُلوكٌ مُتوقّعٌ لجميع المواد الغازيّة المَذابة في المَذيبات السّائلة. هل تستطيع تفسير الشّبب؟ تذكّر أن الطّاقة الحركيّة لجُسيمات الغاز تسمحُ لها بالإفلات من المحلول بسهولة أكبر عند درجات الحرارة العالية. بالتالي، كُلّما ارتفعت درجةُ حرارةِ المحلول، قَلّت ذائبيّةُ المَذاب الغازي.

الضّغط وقانون هنري يؤثّر الضّغطُ في ذائبيّة الغازات الذائبة في المحاليل. فكُلّما ازداد الضّغطُ الخارجي (الضّغطُ فوق المحلول)، تزدادُ ذائبيّة الغاز في أي مَذيب. تعتمدُ المشروبات الغازيّة على هذا المبدأ. تحتوي المشروبات الغازية على غاز ثاني أكسيد الكربون المَذاب في محلولٍ سائل. عند تعبئةِ أو تعليبِ المشروب، يُذابُ ثاني أكسيد الكربون في المحلول تحت ضغطٍ أعلى من الضّغط الجوي. وعند فتح عُبوة المشروب الغازي، يقلُّ ضغطُ غاز ثاني أكسيد الكربون في المساحة التي فوق السّائل. ونتيجةً لذلك، تتكوّنُ فُقاعاتٌ من غاز ثاني أكسيد الكربون في المحلول وتتصاعدُ إلى السّطح وتتطاير. وإن لم تُغلق العُبوة، فإنّ هذه العمليّةَ ستستمرُّ إلى أن يفقد المحلولُ تقريبًا كُلّ غاز ثاني أكسيد الكربون ويُصبح المحلولُ قليل الضّغط. يُمكن وصفُ انخفاضِ ذائبيّة غاز ثاني أكسيد الكربون في المشروب الغازي بعد فتح العبوة انطلاقًا من قانون هنري.

المفردات

الاستعمال العلمي مُقابل الاستعمال الشّائع

الضّغط

الاستعمال العلمي: القوّة المبذولة على المساحة.

خلال تسرُّب غاز ثاني أكسيد الكربون من المحلول، يزدادُ الضّغطُ داخل القارورة المُغلقة.

الاستعمال الشّائع: الجَهد الجسدي أو الإجهادُ الذّهني.

هنالك الكثير من الضّغط للقيام بأداءٍ جيّدٍ في الامتحانات.

McGraw-Hill Education حقوق الطّبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Forcellini Danilo/Shutterstock

ينصّ **قانون هنري** على أنّ ذائبيّة الغاز (S) في سائلٍ ما، تتناسبُ طرديًا مع ضغط (P) الغاز فوق السّائل عند درجة حرارة معيّنة. فعندما تكون قارورةُ المشروب الغازي مُغلقةً، كما هو موضّحٌ **في الشّكل 18** يعملُ الضّغط الواقع فوق المحلول على إبقاء غاز ثاني أكسيد الكربون في المحلول. ويُمكنُ تمثيلُ هذه العلاقة على النّحو التالي.

قانون هنري

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

S تُمثّلُ الذائبية.
P تُمثّلُ الضّغط.

عند درجة حرارة مُعيّنة، يبقى ناتجُ ذائبية الغاز وضغطه ثابتين.

غالبًا ما يُستخدمُ قانون هنري لتحديد ذائبيّة S_2 عند ضغط جديد P_2 حيث يكون P_2 معروف. ويُمكن استخدامُ قواعدِ الجبر الأساسيّة لحلّ مُعادلة قانون هنري لإيجاد أيّ من المُتغيّرات. ولإيجاد S_2، ابدأ باستخدام قانون هنري الأساسي.

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

نحصّلُ على المُعادلة التّالية انطلاقًا من الضّرب التّبادلي.

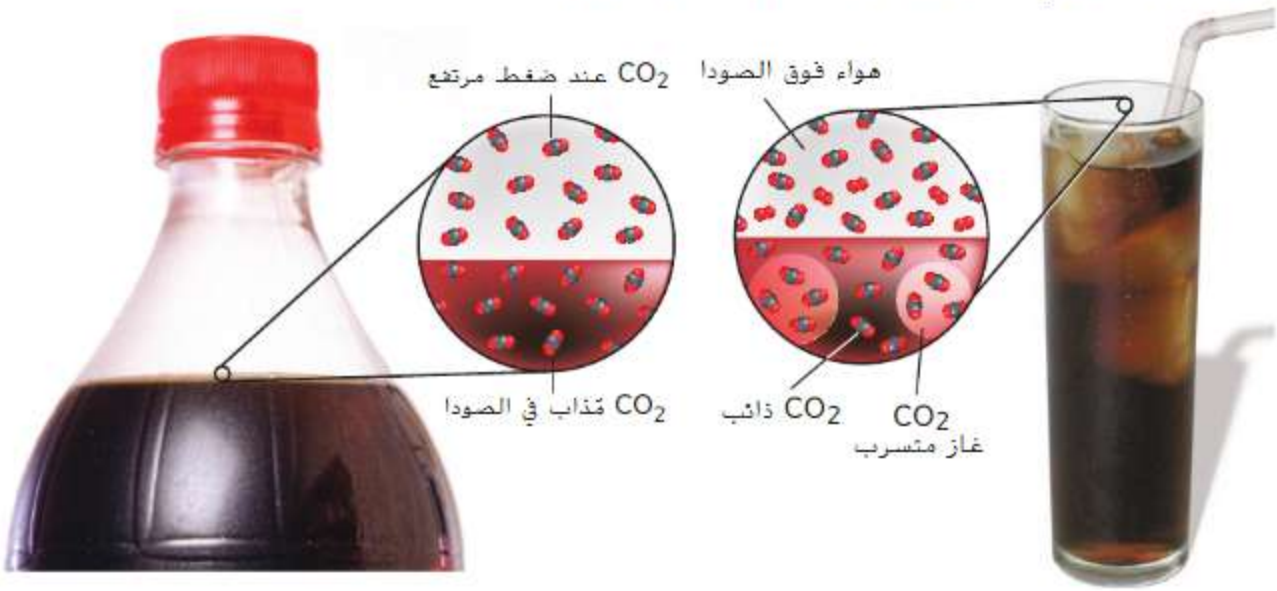
$$S_1P_2 = P_1S_2$$

و من خلال قسمة طرفي المُعادلة على P_1، نتحصّلُ على النّتيجة المَرجوّة—لايجاد S_2.

$$\frac{S_1P_2}{P_1} = \frac{\cancel{P_1}S_2}{\cancel{P_1}} \qquad S_2 = \frac{S_1P_2}{P_1}$$

■ **الشّكل 18** ثاني أكسيد الكربون (CO_2) مُذابٌ في الصّودا. يُوجدُ بعض CO_2 كذلك في الغاز الذي يوجد فوق السّائل.

فسّر لماذا يتصاعدُ ثاني أكسيد الكربون من المحلول عند نزع الغطاء؟



يقلّ الضّغطُ الموجود فوق السّائل عند فتح غطاء القارورة، ممّا يُقلّلُ من ذائبية ثاني أكسيد الكربون.

يُحافظُ الضّغطُ الموجود فوق السّائل في قارورة المشروب الغازيّ المُغلقة على بقاء ثاني أكسيد الكربون الزّائد في المحلول.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة (l)Rachel Epstein/PhotoEdit, (r)©Foodcollection

مثال 5

قانون هنري إذا ذاب 0.85 g من الغاز عند ضغطٍ مقدارُه 4.0 atm في 1.0 L من الماء في درجة حرارةٍ تساوي 25 °C، فماهي كُتلة الغاز التي ستذوبُ في 1.0 L من الماء في ضغطٍ مقداره 1.0 atm وفي درجةِ الحرارةِ نفسها؟

1 تحليلُ المسألة

لَديكَ درجة ذائبيّة الغاز عند الضّغط الابتدائي. تظلُّ درجةُ حرارة الغاز ثابتةً مع تغيُّرِ الضّغط. ولأنّ تقليلَ الضّغط يؤدّي إلى تقليلِ ذوبانيّة الغاز، فإنّ كُتلةً أقلّ من الغاز أن تَذاب عند ضغطٍ أقلّ.

معلوم	مجهول
$S_1 = 0.85\ g/L$ $P_1 = 4.0\ atm$ $P_2 = 1.0\ atm$	$S_2 = ?\ g/L$

2 حساب المجهول

أكتب قانون هنري.

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

عدّل قانون هنري لإيجاد S_2.

$$S_2 = S_1\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

عوض $S_1 = 0.85\ g/L$، $P_1 = 4.0\ atm$، و $P_2 = 1.0\ atm$. اضرب واقسم الأعداد والوحدات.

$$S_2 = \left(\frac{0.85\ g}{1.0\ L}\right)\left(\frac{1.0\ atm}{4.0\ atm}\right) = 0.21\ g/L$$

3 تقييم الإجابة

لقد قلّت الذّائبية، كما هو مُتوقّع. فقد قلّ الضّغطُ فوق المحلول من 4.0 atm إلى 1.0 atm، لذالك فإنّ الذائبية يجبُ أن تنخفض إلى رُبع قيمتها الأصليّة. الوحدة g/L هي وحدة الذّائبية، وهنالك رقمين معنويّين.

تطبيقات

36. إذا ذاب 0.55 g من الغاز في 1.0 L من الماء عند ضغطٍ مقداره 20.0 kPa، ما الكميّة التي ستذوب عند ضغط مقداره 110 kPa؟
37. إنّ ذائبية غازٍ ما في ضغطٍ مقداره 10 atm تساوي 0.66 g/L. ما مقدار الضّغط الواقع على محلولٍ حجمُه 1.0 L ويحتوي على 1.5 g من الغاز؟
38. **تحدّي** عند ضغط 7 atm، تُساوي ذائبيةُ الغاز 0.52 g/L. ما كتلة الغاز بالجرامات التي تذوب في 1.0 L إذا تمّ زيادةُ الضّغط بنسبة 40.0%؟

القسم 3 مراجعة

مُلخّص القسم

- تتضمّنُ عمليّةُ الذّوبانِ إحاطةَ جُسيماتِ المَذاب بجُسيماتِ المَذيب.
- تكونُ المحاليلُ غير مُشبعةٍ أو مُشبعةٍ أو فوق مُشبعة.
- ينصُّ قانون هنري على أنّ ذائبيّة الغاز (S) في سائلٍ ما، تتناسبُ طرديًّا مع ضغطِ (P) الغاز فوق السّائل عند درجة حرارة معيّنة.

39. الفكرة **الرئيسة** **صِفْ** العوامل المؤثّرة في تكوّن المحاليل.
40. **عرّف** الذائبية.
41. **صِفْ** كيف تؤثّر قوى التّجاذب بين الجزيئيّة في الذّوبان.
42. **فسّر** على مُستوى الجُسيمات، لماذا يكون الضّغطُ البخاري لمحلول ما أقلّ من الضّغط البُخاري لمَذيبٍ نقيّ.
43. **لخّص** ما يحدث عند إضافة نواةِ تبلوُرٍ إلى محلول فوق مشبع، وبمَ تصفُ المحلول النّاتج؟
44. **التّمثيلات البيانيّة واستخدامها** استخدم المعلومات الموجودة في **الجدول 4** لعمل رسمٍ بيانيّ لذائبيّة كبريتات الألمنيوم وكبريتات الليثيوم وكلوريد البوتاسيوم في درجات الحرارة 100°C و 60°C و 20°C و 0°C. أيّ المواد السّابقة تتأثرُ ذائبيّتها أكثر بزيادةِ درجةِ الحرارة؟

حقوق الطبع والكتب © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 4

الخصائص التّجميعيّة للمحاليل

الفكرة الرئيسة تعتمد الخصائص التّجميعية على عدد جسيمات المَذاب في المحلول.

الأسئلة الرئيسة

- ما الخصائص التّجميعيّة؟
- أذكر أربع خصائص تجميعيّة للمحاليل؟
- كيف يمكن تحديدُ الارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة التّجمد للمحلول؟

مُفردات المُراجعة

الأيون ion: ذرّة مشحونة كهربائيًا.

المفردات الجديدة

خاصيّة تجميعيّة
colligative property

الانخفاض في الضّغط البُخاري
vapor pressure lowering

الارتفاع في درجة الغليان
boiling point elevation

الانخفاض في درجة التّجمد
freezing point depression

الخاصيّة الأسموزية
osmosis

الضّغط الأسموزي
osmotic pressure

الكيمياء في حياتك

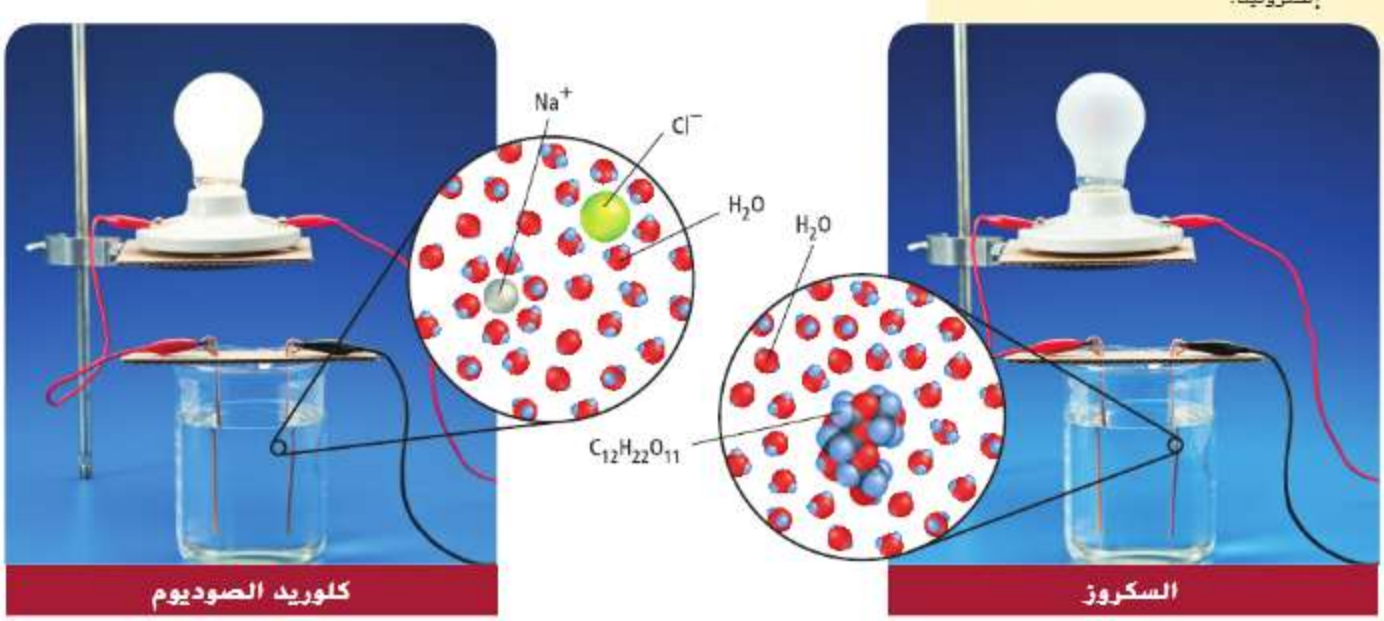
إذا عِشتَ في منطقةٍ طقسها باردٌ في الشّتاء، فلا بُدّ أنك لاحظت أنّ الناس يرشّون المِلح لإزالة الثّلج عن الأرصفة والطُّرقات. كيف يُساهمُ المِلحُ في جعل القيادة في الشّتاء أكثر أمنًا؟

الإلكتروليتات والخصائص التّجميعيّة

تَؤثّر المواد الذائبة في بعض الخواص الفيزيائيّة للمذيبات. فقد وَجَد الباحثون الأوائل أنّ تأثير المَذاب في المَذيب يعتمدُ فقط على عدد جسيمات المذاب الموجودة في المحلول، لا على طبيعة المادّة المذابة نفسها. وتُسمّى الخصائص الفيزيائيّة للمحاليل التي تتأثّر بعددِ جسيمات المَذاب وليس بطبيعتها، **الخصائص التّجميعيّة**. تعني كلمة تجميعية ،بناءً على التّجميع. وتتضمّنُ الخصائص التّجميعيّة انخفاض الضّغط البخاري وارتفاع درجة الغليان وانخفاض درجة التّجمّد والضّغط الأسموزي.

الإلكتروليتات في المحاليل السّائلة لقد درستَ سابقًا أنّ المَركّبات الأيونيّة تُسمّى إلكتروليتات وذلك لأنّها تتفكّكُ في الماء لتكوّن محلولاً موصلًا للتيار الكهربائي، كما هو مَوضّحٌ في **الشّكل 19**. كما تتأيّنُ بعضُ المَركّبات الجَزيئيّة في الماء وهي كذلك إلكتروليتات. وتُسمّى الإلكتروليتات التي تُنتِجُ أيوناتٍ كثيرةً في المحلول، إلكتروليتات قويّة. أمّا تلك التي لا تُنتِجُ سوى عددًا قليلاً من الأيونات في المحلول فتُسمّى إلكتروليتات ضعيفة.

■ في **الشّكل 19** محلول كلوريد الصوديوم موصلٌ جيد للكهرباء وذلك لأنّهُ محلولٌ إلكتروليتي في حين لا يُوصلُ السّكروز التّيار الكهربائي لأنّه ليس إلكتروليتًا.



McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education © حقوق الطبع والتأليف

يُعدُّ كلوريد الصَّوديوم إلكتروليتيًا قويًا. حيثُ يتفكّكُ في المحلول ويُنتج أيونات Na^+ و Cl^-.

$$NaCl(s) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$

فإذابةُ 1 mol من NaCl في 1 kg من الماء لا تُنتج محلولًا تركيزُ أيوناتِهِ 1*m* . بل تُنتج 2 mol من جُسيمات المذاب في المحلول، أي 1 mol لكلٍّ من أيوني Na^+ و Cl^-.

اللاّإلكتروليتات في المحلول السائل تذوب الكثير من المُركّبات الجُزيئية في المَذيبات، ولكنها لا تتأيّن. ومثل هذه المحاليل لا تُوصل التّيار الكهربائي، كما هو مُوضّحٌ في **الشّكل 19**، وتُسمّى اللاإلكتروليتات. ويُعدُّ السّكروز مثالًا من اللاإلكتروليتات. حيث يحتوي محلول السّكروز الذي تركيزه 1*m* على 1 mol فقط من جُسيمات السّكروز.

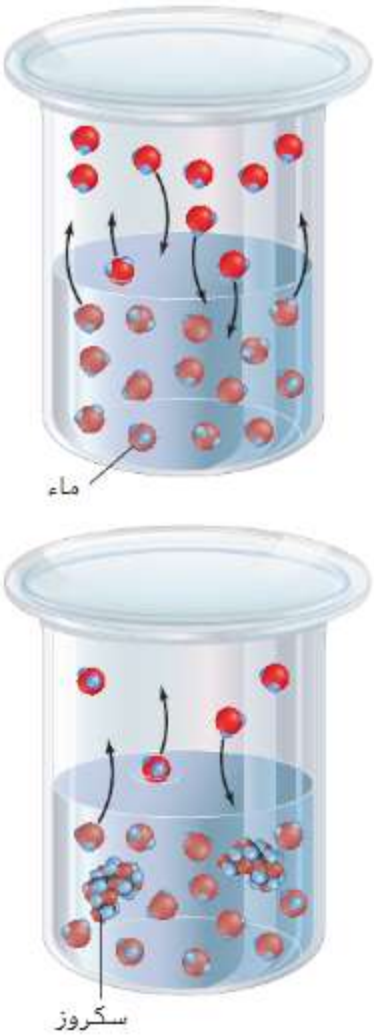
التّأكّد من فهم النصّ استدلّ أيُّ المُركّبين له تأثير أكبر في الخصائص التّجميعيّة: كلوريد الصّوديوم أم السّكروز؟

الانخفاض في الضّغط البُخاري

لقد تعلّمت سابقًا أنّ الضّغط البُخاري هو الضّغط الذي تُحدثُه جُسيمات السّائل التي تصاعدت من سطح السّائل وتحوّلت إلى الحالة الغازيّة. تصلُ جُسيماتُ مَذيبٍ نقيٍّ في وعاءٍ مُغلقٍ وعند درجةِ حرارةٍ وضغطٍ ثابتين إلى حالةِ اتزان ديناميكي، حيث تتحوّلُ من وإلى الحالة السّائلة بالسُّرعة نفسها.

تُظهرُ التّجاربُ أنّ إضافة مَذابٍ غير مُتطايرٍ (أي مَذاب له ميل قليل للتحول إلى غازٍ) إلى مَذيبٍ، يُقلّلُ الضّغط البُخاري للمَذيب. تخرجُ الجُسيماتُ التي تُحدثُ الضّغط البُخاري من الحالة السّائلة عندما تتصاعدُ من سطح السّائل. فعندما يكون المَذيب نقيًّا كما هو مُوضّحٌ في **الشّكل 20**، تشغلُ جُسيماته مساحةَ السّطح كُلّها. وعندما يحتوي المَذيب على مَذابٍ كما مُوضّحٌ كذلك في **الشّكل 20**، فإنّ خليطًا من جُسيمات المَذاب والمَذيب يحتلُّ مساحةَ السّطح. وبسبب وُجود كميّةٍ قليلةٍ من جُسيمات المَذيب على السّطح، يتحوّلُ القليلُ منها إلى الحالةِ الغازيّة، ومن ثمّ ينخفضُ الضّغطُ البُخاري. كُلّما ازداد عددُ جُسيمات المَذاب في المَذيب، قلّ الضّغطُ البُخاري النّاتج. لذلك فإنّ **الانخفاض في الضّغط البُخاري** عائدٌ إلى عددِ جُسيمات المَذاب في المحلول، كما أنّه يُعدُّ من الخصائص التّجميعيّة للمحاليل.

تستطيع توقُّعَ التّأثير النّسبي للمَذاب على الضّغط البُخاري اعتمادًا على كون المَذاب إلكتروليتيًا أو لا إلكتروليتي. فمثلًا، يكون التّأثيرُ النّسبي على الضّغط البُخاري لـ 1 mol لكلٍّ من موادّ المَذابة اللاإلكتروليت كالجلوكوز والسّكروز والإيثانول هو نفسه. إلا أنه يزدادُ تأثيرُ 1 mol لكلٍّ من الإلكتروليتات المَذابة ومنها كلوريد الصوديوم (NaCl)، وكبريتات الصوديوم (Na_2SO_4)، وكلوريد الألمنيوم($AlCl_3$) على الضّغط البخاري بسبب تزايُد أعدادِ الأيونات التي تنتج عن كلٍّ منها في المحلول.



■ **الشّكل 20** الضّغط البُخاري لمَذيبٍ نقيّ أكبرُ من الضّغط البُخاري لمحلولٍ غير متطاير.

McGraw-Hill Education © محفوظ لصالح مؤسسة حقوق التأليف والنشر

الارتفاع في درجة الغليان

لأن المَذاب غير المُتطاير يُقلِّلُ من الضَغط البُخاري للمُذيب، فإنّهُ يُؤثِّر كذلك في درجةِ غليانِ المُذيب. تذكّر أنّ السّائل في الوعاء يغلي عندما يُعادِلُ ضغطَه البُخاري الضَغط الجوّي. وعندما ترتفعُ درجةُ حرارةِ المحلولِ الذي يحتوي على مَذابٍ غير مُتطايرٍ إلى درجة غليان المذيب النقي، فإنّ ضغط البُخار النّاتج يبقى أقلَّ من الضَغطِ الجوّي، وبالتالي لا يغلي المحلول. ولذلك يجب تسخينُ المحلولِ إلى أن يصلَ إلى درجةِ حرارةٍ أعلى لتزويدِهِ بالطّاقةِ الحركيّةِ الإضافيّةِ اللاّزمة لرفع ضغطه البُخاري إلى ما يُعادلُ الضَغط الجوي. ويُسمّى الفرقُ بين درجة غليان المحلول ودرجة غليانِ المُذيب النّقي، **الارتفاع في درجة الغليان.**

وفي اللاإلكتروليتات، تتناسبُ قيمة ارتفاع درجة الغليان، التي يُرمزُ لها بـΔT_b، طرديًّا مع مَولالية المحلول.

الارتفاع في درجة الغليان

$$\Delta T_b = K_b m$$

إنّ فرقَ درجةِ الحرارة يُساوي ثابتَ الارتفاع في درجة الغليان المولالي مضروبًا في مولالية المحلول.

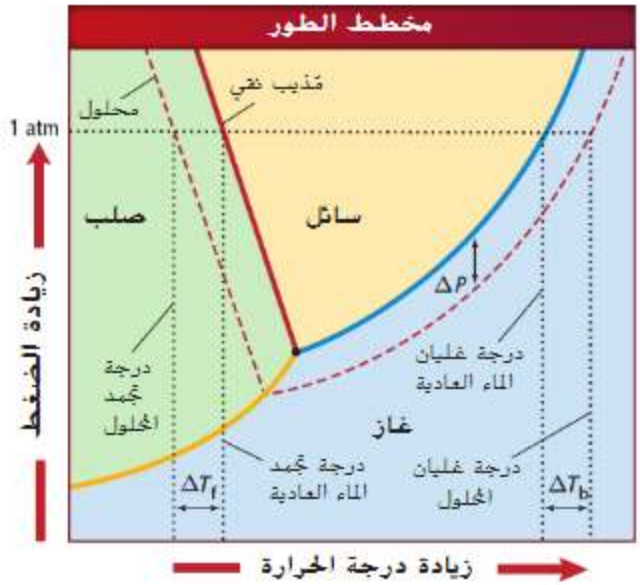
كما أنّ ثابت ارتفاع درجة الغليان المولالي K_b، هو الفرق بين درجة غليان محلول يحتوي على $1m$ من مذاب غير مُتطاير ولاإلكتروليت ودرجة غليان مُذيبٍ نقي. الوحدةُ المُستعملة للتّعبير عن ارتفاعِ درجةِ الغليان هي $°C/m$ وتختلفُ باختلافِ المُذيب.. يُبيّنُ **الجدول 5** قِيَمَ K_b للعديد من المُذيبات الشّائعة. لاحظ أن قيمة K_b للماء هي $0.512°C/m$. وهذا يعني أن $1m$ من محلولٍ سائلٍ يحتوي على مُذاب غير متطاير ولاإلكتروليت، يغلي عِندَ درجةِ حرارةِ $100.512°C$.وهذه الدّرجة تزيدُ $0.512°C$ على درجة غليان الماء النّقي $100.0°C$.

مثلما يُعدُّ الانخفاضُ في الضّغط البُخاري خاصيّةً تجميعيّة، فإنّ الارتفاعَ في درجةِ الغليان يُعدُّ أيضا خاصيّةً تجميعيّةً. وتتناسبُ قيمةُ الارتفاعِ في درجة الغليانِ مُباشرةً مع مَولاليّة المَذاب في المحلول، أي أنّهُ كُلّما زادَ عددُ جُسيمات المَذاب في المحلول ازدادَ الارتفاعُ في درجة الغليان. ولأنّ المَولاليّة مُرتبطةٌ مع الكسر المولي الذي يتضمّنُ عدد جُسيمات المَذاب، فهي تُستعمل للدّلالةِ على التّركيز. ويُعبّرُ عن المولاليّة كذلك بكُتلة المُذيب عِوَضًا عن الحجم، ولذلك لاتتأثّرُ المولالية بتغيُّر درجة الحرارة. عاين **الشّكل 21** ولاحظ أنّ المنحنى الذي يُمثّلُ المحلولَ يقعُ أسفلَ المنحنى الذي يُمثّل المُذيب النّقي عند أيّ درجةِ حرارة.

الجدول 5 ثابت الارتفاع في درجة الغليان المولالي (K_b)

المُذيب	درجة الغليان (°C)	K_b (°C/m)
الماء	100.0	0.512
البنزين	80.1	2.53
رابع كلوريد الكربون	76.7	5.03
إيثانول	78.5	1.22
الكلوروفورم	61.7	3.63

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشّكل 21** يؤثّر الضّغط والحرارة في المَذيب النّقي (الخطّ المتّصل) وفي المحلول (الخطّ المتقطّع)، من حيث حالاتهما حالاتهم الصّلبة أو السّائلة أو الغازيّة.

التّأكّد من فهم التّمثيلات البيانيّة

صِفْ كيف يمثّل الفرق بين الخطوط المتّصلة والمتقطّعة الانخفاض في الضّغط البخاري، والارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة التّجمّد. استعمل بياناتٍ محدّدة من التّمثيل البياني لدعم إجابتك.

انخفاض درجة التّجمد

تفقد الجسيمات الطاقة الحركيّة الكافية عندما يصلّ المذيب إلى درجة التجمد للتغلّب على قوى التّجاذب بينها، فترتّب الجسيمات نفسها في بنيةٍ أكثر تنظيمًا في الحالة الصّلبة. تتداخلّ جسيمات المذاب في المحلول مع قوى التّجاذب في جسيمات المذيب. ممّا يمنع المذيب من الوصول إلى الحالة الصّلبة عند درجة التّجمّد.

تكون درجة تجمّد المحلول دائمًا أقلّ من درجة تجمّد المذيب النّقي. يبيّن **الشّكل 21** الفرق بين درجات الغليان والتّجمّد للماء النّقي والمحلول السائل. وعند مقارنة الخطوط المتّصلة بالمتقطّعة، بإمكانك أن تلاحظ أنّ نطاق درجة الحرارة للمحلول السائل في حالته السّائلة أكبر من نطاق درجة الحرارة للماء النّقي. ويبيّن **الشّكل 22** تطبيقين شائعين لاستعمال الملح للتّقليل من درجة تجمّد المحلول السائل.

■ **الشّكل 22** تعملّ إضافة الملح إلى الجليد في الطّرقات على التّقليل من درجة تجمّد الجليد ممّا يؤدّي إلى انصهار الجليد . وتعملّ إضافة الملح عند تحضير المثلّجات إلى التّقليل من درجة التّجمّد في الثّلج ممّا يسمح للماء النّاتج بتجميد المثلّجات.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والكتب © مسموح لمعالم مؤسسة (l)Jim West/Alamy, (r)AP Photo/Gerry Broome

الجدول 6 ثابت الانخفاض في درجة التّجمّد المولالي (K_f)

المُذيب	درجة التّجمد (°C)	K_f (°C/m)
الماء	0.0	1.86
البنزين	5.5	5.12
رباعي كلوريد الكربون	−23.0	29.8
إيثانول	−114.1	1.99
الكلوروفورم	−63.5	4.68

الانخفاض في درجة التّجمد للمحلول، ΔT_f، هو الفرق بين درجة تجمّد المحلول ودرجة تجمّد المُذيب النقي الموجود في المحلول. ثوابتُ الانخفاض في درجة التّجمد المولالي (K_f) لعدّة مذيبات مُبيّنة في **الجدول 6**. وتتناسبُ قيم الانخفاض في درجة التّجمد للمواد اللاإلكتروليت طرديًّا مع مولاليّة المحلول.

انخفاض درجة التّجمد

$$\Delta T_f = K_f m$$

ΔT_f تُمثّلُ الارتفاع في درجة الغليان.
K_f تُمثّلُ ثابت الارتفاع في درجة الغليان المولالي.
m تُمثّلُ المولالية.
الفرقُ في درجة الحرارة يُساوي ناتج ضربِ ثابتِ الانخفاضِ في درجةِ التّجمّد في مولالية المحلول.

وكما هو الحالُ مع قِيَمِ K_b فإنّ قِيَمَ K_f تعتمدُ على طبيعة المُذيب. ولأنّ قيمة ثابت انخفاض درجة التّجمّد للماء K_f 1.86°C/m، فسيتجمّد المحلول السائل الذي تركيزه 1m ويحتوي على مُذاب غير متطاير ولاإلكتروليت عند درجة 1.86°C− وهي أقلّ من درجة تجمّد الماء النقي 0.0°C. ويُعدُّ الجليسرول أحد المذابات اللاإلكتروليتية وينتجه الكثيرُ من الأسماك والحشرات لحماية دمائها من التّجمّد في الشّتاء القارص. يحتوي مانع التّجمّد والعديدُ من المحاليل المانعة لتكوين الجليد على مُذيبٍ لاإلكتروليت وهو جليكول الإثيلين.

لاحظ أن مُعادلات الارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة التجمد تُحدِّدُ مولاليّة المواد اللاإلكتروليتية. أما في حالات الإلكتروليتات فيجبُ استخدامُ المولاليّة الفاعلة للمحلول. كما يُوضّحها المثال 6.

تجربة مُصغّرة

تحديد انخفاض درجة التّجمد

كيف يُمكنُك قياس الانخفاض في درجة التّجمّد؟

الإجراء

1. حدّد احتياطات السّلامة لنشاط المختبر قبل بدء العمل.
2. املأ كأسين سعة كلٍّ منهما 400mL **بالجليد المجروش.** أضف 50 mL **من ماء الصّنبور البارد** لكلّ كأس.
3. قِس درجة حرارة كلّ من الكأسين باستعمال **مقياس حرارة غير زئبقي.**
4. حرّك مُحتويات كلّ كأس باستعمال **ساق التّحريك** لمُدّة 1 min حتى تُصبح درجة حرارة كِلا الكأسين ثابتة. سجّل درجة الحرارة.
5. أضف 75 g **من الملح الصّخري (NaCl)** إلى أحد الكأسين. تابع التّحريك في كلا الكأسين. سيذوبُ بعضُ الملح.
6. عندما تُصبحُ درجة حرارة كلّ من الكأسين ثابتة، سجّل القراءة النّهائيّة.
7. للتنظيف، أسكب مُحتويات كلّ كأس في المصرف مع غسلهم بالكثير من الماء.

التّحليل

1. **قارن** قراءاتك التي سجّلتها للماء المُثلّج وللماء المالح. بمَ تُفسّرُ التّغيّر في درجة الحرارة؟
2. **فسّر** لماذا أضيف الملحُ إلى إحدى الكأسين دون الآخر.
3. **فسّر** الملحُ هو إلكتروليت قويّ يُنتجُ أيونين، Na^+ و Cl^-، عندما يتفكّكُ في الماء. فسّر لماذا يُعدُّ هذا أمرًا مُهمًّا عند حساب الخاصيّة التّجميعيّة لانخفاض درجة التّجمّد.
4. **توقّع** ما إذا كان من الأفضل استعمالُ الملح الصّخري الخشن أم ملح المائدة النّاعم عند تحضير المُثلّجات المنزليّة. فسر إجابتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 6

التغيُّرات في درجات الغليان والتجمُّد يستعمل كلوريد الصوديوم (NaCl) غالبًا لمنع تكوُّن الجليد على الطُّرُقات وتجميد المثلجات. ما درجتا غليان وتجمُّد محلولٍ سائل من كلوريد الصوديوم تركيزه $0.029m$؟

1 تحليل المسألة

لديك مولالية المحلول السائل لكلوريد الصوديوم.
أولًا، احسب ΔT_b و ΔT_f اعتمادًا على عدد الجسيمات في المحلول. ثم لتحديد الارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة التجمد، أضف ΔT_b إلى درجة الغليان واطرح ΔT_f من درجة التجمد.

معلوم

مولالية المحلول $= 0.029m$
$K_b = 0.512°C/m$
$K_f = 1.86°C/m$

مجهول

درجة الغليان $= ?°C$
درجة التجمّد $= ?°C$

2 حساب المجهول

حدّد مولالية الجسيمات.

مولالية الجسيمات $= 2 \times 0.029m = 0.058m$

حدّد ΔT_b و ΔT_f

أكتب معادلة الارتفاع في درجة الغليان ومعادلة انخفاض درجة التجمد.

$\Delta T_b = K_b m$
$\Delta T_f = K_f m$

عوّض $K_b = 0.512°C/m$, $K_f = 1.86°C/m$, and $m = 0.058m$.

$\Delta T_b = (0.512°C/\cancel{m})(0.058\cancel{m}) = 0.030°C$
$\Delta T_f = (1.86°C/\cancel{m})(0.058\cancel{m}) = 0.11°C$

حدّد درجة الغليان بعد الارتفاع ودرجة التجمد بعد الانخفاض للمحلول.

اجمع ΔT_b إلى درجة الغليان ثُمّ اطرح ΔT_f من درجة التجمد.

درجة الغليان $= 100.000°C + 0.030°C$
$= 100.030°C$

درجة التجمد $= 0.00°C - 0.11°C$
$= -0.11°C$

3 تقييم الإجابة

كما هو متوقع، تكون درجة الغليان أعلى ودرجة التجمد أقل. ولأنّ للمولالية رقمين معنويين، فإنّ لِ ΔT_b و ΔT_f رقمين معنويين.

تطبيقات

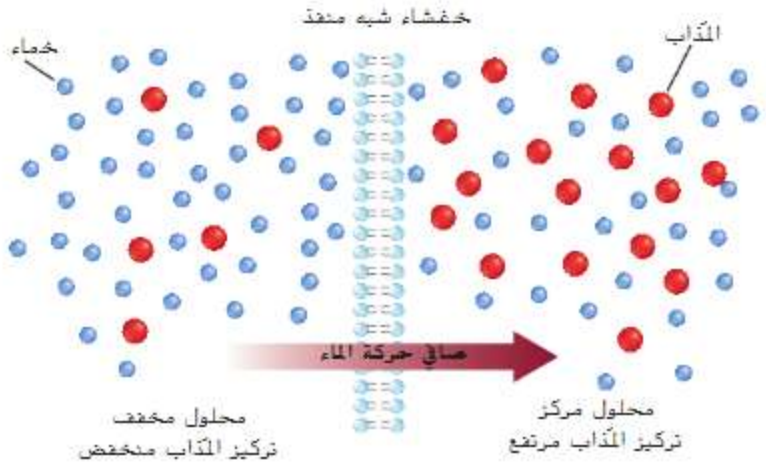
45. ما درجة الغليان ودرجة التجمد لمحلول سائل تركيزه $0.625m$ لأي مذاب غير متطاير ولاإلكتروليت.
46. ما درجة غليان ودرجة تجمُّد محلول السكروز في الإيثانول الذي تركيزه $0.40m$؟
47. **تحدٍّ** تم اختبار محلولٍ تركيزه $0.045m$ (يحتوي على مذاب غير متطاير ولاإلكتروليت) وتبيّن أنّ الانخفاض في درجة تجمُّده بلغ $0.080°C$. ما قيمة ثابت الإنخفاض في درجة تجمُّده (K_f)؟ وهل المذيب المكوّن منه المحلول في هذه الحالة هو الماء أو الإيثانول أو الكلوروفورم؟

الكيمياء في الحياة اليومية

انخفاض درجة التجمد

الأسماك التي تعيش في المياه المالحة إن المحافظة على التركيز الملحي (الملح) المناسب هو أمرٌ في غاية الأهمية لحياة الأسماك التي تعيش في المياه المالحة. فوجود الملح في المناطق القطبية ضروريٌ للمحافظة على المياه من التجمد، مما يسمح بالمحافظة على الحياة البحرية.

McGraw-Hill Education حقوق النشر والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Frantisekhojdysz/Shutterstock.com



■ **الشّكل 23** تنتشرُ المذيبات بسبب الخاصيّة الأسموزية من التّركيز الأقل للمذاب إلى التّركيز الأعلى للمذاب من خلال أغشيةٍ شبه منفذة.

الضّغط الأسموزي

الربط بعلم الأحياء تذكّر أن الانتشار هو اختلاطُ الغازات أو السّوائل نتيجة حركتها العشوائيّة. **الخاصية الأسموزية** هي انتشار المذيب خلال غشاء شبه منفذ. والأغشية شبه المنفذة هي حواجزُ تسمحُ لبعض الجسيمات بالعبور. وتُعتبرُ الأغشية التي تُحيط بجميع الخلايا الحيّة شبه منفذة. وتلعبُ الخاصيّة الأسموزية دورًا مهمًا في الكثير من الأنظمة البيولوجيّة، ومنها امتصاص الغذاء عند النّباتات.

تفحّص نظامًا يكونُ فيه المحلول المُخفّفُ مفصولًا عن المحلول المُركّز بغشاءٍ شبه منفذ، كما هو مُبيّنٌ في **الشّكل 23**. تتحركُ جُسيمات الماء خلال العمليّة الأسموزية في الاتجاهين عبر الغشاء، ولكنّ جُسيمات المذاب لا تستطيع العبور منها. وتنتشرُ جُسيمات الماء عبر الغِشاء من المحلول المُخفّف إلى المحلول المُركّز. وتُسمّى كميّة الضّغط الإضافي النّاتج عن انتقال جُزيئات الماء إلى المحلول المركّز **الضّغط الأسموزي**. ويعتمدُ الضّغط الأسموزي على عدد جُسيمات المُذاب في كميّةٍ مُحدّدةٍ من المحلول، وهو خاصيّةٌ تجميعيّةٌ للمحاليل.

القسم4 مراجعة

مُلخّص القسم

- تُقلّلُ المواد المُذابة غير المُتطايرة من الضّغط البُخاري للمحلول.
- يرتبطُ الارتفاعُ في درجة الغليان مباشرة بمولالية المحلول.
- يكون الانخفاض في درجة التّجمّد للمحلول أقلّ من درجة تجمّد للمُذيب النّقي.
- يعتمد الضّغط الأسموزي على عدد جُسيمات المذاب في حجمٍ مُعيّن.

48. الفكرة **الرئيسة اشرح** طبيعة الخصائص التّجميعيّة.
49. **صِفْ** الخصائص التّجميعيّة الأربع للمحاليل.
50. **فسّر** لماذا يكون للمحلول درجة غليانٍ أعلى من درجة غليان المُذيب النّقي.
51. **حلّ** يغلي محلول سائل من كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) عند درجة حرارة 101.3°C. ما كتلة كلوريد الكالسيوم بالكيلو جرام التي أُذيبت في 1000.0 g من المذيب؟
52. **احسب** الارتفاع في درجة الغليان لمحلول يحتوي على 50.0 g من الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) مُذابةً في 500.0 g من الماء. ثم احسب الانخفاض في درجة التّجمد للمحلول نفسه.
53. **تحقّق** حدّد اختصاصي في المختبر درجة الغليان لمحلولٍ سائل لمُذابٍ لاإلكتروليت وغير مُتطاير بـ 1.12°C. فما مولالية المحلول؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الكيمياء والمهن

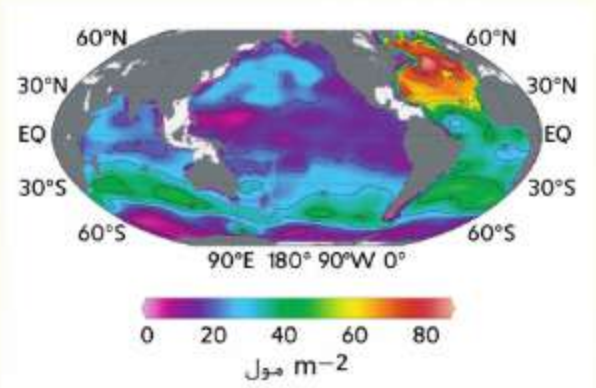
المهنة: كيميائي البيئة

محلول CO_2

تُشير السِّجلّات الجيولوجيّة إلى أنّ مُستويات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الجوّي أعلى كثيرا في الوقت الحاضر ممّا كانت عليه خلال 20 مليون سنةٍ مضت. وقد ساهم CO_2 الإصطناعي، والذي يعني CO_2 من صنع الإنسان، في هذا المستوى العالي. لكن CO_2 لا يبقى في الغلاف الجوي إلى أجل غير مسمى. إذ تحتوي المحيطات بشكل طبيعي على CO_2 الذي يأتي من الغلاف الجوي ومن المخلوقات الحيّة. وتقوم المحيطات بامتصاص 50% من CO_2 الاصطناعي. ويعتقد بعض العلماء أنه خلال الألف سنة القادمة، سيذوب 90% من CO_2 الاصطناعي في المحيطات.

جمع بيانات CO_2 تتأثر سرعة ذوبان CO_2 في المحيطات بعدة عوامل، منها درجة الحرارة وتركيز CO_2 في الهواء والماء واختلاط الماء مع الهواء بسبب الرياح وحركة الأمواج. لقد قضى فريقٌ من الباحثين عدّة سنواتٍ لجمع وتحليل البيانات حول CO_2 وذلك من آلاف نقاط الجمع في المحيطات حول العالم. وتُوضّح بيانات **الشّكل 1**، أنّ شمال المحيط الأطلسي يحتوي على أكبر كميّة من CO_2 لكلّ مترٍ مُربّع من سطح المحيط. حيث تجعل مجموعة هذه العوامل مثل درجة الحرارة والعمق والتيارات البحرية من شمال المحيط الأطلسي ماصًّا فعّالاً للغاز الاصطناعي CO_2.

جمع وتخزين CO_2 هنالك طريقةٌ واحدة لتقليلِ كميّة CO_2 المُتصاعدة إلى الغلاف الجوي، وهي جمع وتخزين CO_2 الناتج عن حرق الوقود الأحفوري. يقوم العلماء بالبحث في امكانيّة خزن CO_2 الذي تمّ جمعه مُباشرة في المحيط وذلك لتسريع عمليّة ذوبانه. حيث تُقلّل هذه العمليّة من تأثير ظاهرة الاحتباس الحراري لِ CO_2. ومع ذلك يُمكن أن يُؤدي اختلال التّوازن الطبيعي لثاني أكسيد الكربون CO_2 الذائب إلى آثار بالغة على كيميائية المياه، مما قد يُلحق ضررًا بالمخلوقات البحرية أو يقتلها. فعلى سبيل المثال، أظهرت الشّعابُ المرجانيّة المُنتشرة في مُختلف أنحاء العالم دلائل إجهادٍ نتيجة زيادةٍ في مُستوى CO_2 الذّائب في الماء.



الشّكل 1 تُمثّلُ الألوان الحمراء والصّفراء والخضراء المناطِقَ التي فيها مُستويات عالية من CO_2 الذّائبة في الماء.

بيانات مُقتبسة من Sabine et al. 2004. الحوض المحيطي لـ CO_2 الاصطناعي. العلوم 371-367 ،305.

الحجز في أعماق المُحيط هناك اقتراح قد يُقلّلُ من كميّة CO_2 الجوّي، ويحمي الحياة في الجزء العلوي من المُحيط، وهو تسييلُ غاز CO_2 ثم ضخّه إلى طبقات المياه السُّفلى، وتُسمّى هذه العملية الحجز في أعماق البحار. وهناك تصوّرٌ أنّ الضّغط الشّديد في الأعماق، ما يزيدُ عن 3000 m من شأنه أن يُحوّل CO_2 إلى هيدرات. ستذوب الهيدرات في أعماق مياه المحيطات لكن سيبقى CO_2 عالقًا لِمئاتِ السّنين بعيدا عن الجزء العلوي للمُحيط والغلاف الجوّي.

بُحوثٌ مُستمرّة يعملُ العلماء على إيجاد إجاباتٍ عن كثيرٍ من الأسئلةِ حول الحجز في أعماق البحار مثل أثر CO_2 على المخلوقات التي تعيش في الأعماق. ولا يزالُ هنالك الكثيرُ من المشاكل التّقنية المُتعلّقة بعمليّة جمع وتخزين ونقل كميّاتٍ كبيرة من سائل ال CO_2. وإذا كان من المُمكن حلُّ هذه المشاكل التّقنية فإنّ على الرّأي العامّ والمسؤولين الأخذ بعين الاعتبارِ الأخطار المُتعلّقة باطلاقِ CO_2 في الهواء وفي المحيطات.

الكتابة في ◀ الكيمياء

عصف ذهني أعِدّ لائحة من الأسئلة للإجابة عليها انطلاقًا من البحث قبل الشّروع في عمليّة الحجز في أعماق البحار.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والكتب © محفوظة لصالح مؤسسة Sabine et al. 2004

التّحقيق في العوامل المُؤثّرة في الذّائبيّة

نبذة مختصرة: **تتضمّنُ عملية تحضير محلول ما، اتّصالَ جُسيمات المُذيب بِجُسيماتِ المُذاب. فعند إضافةِ مُركّب قابلٍ للذّوبان إلى الماء، تُؤثّرُ عدّةُ عواملَ في سُرعةِ تكوُّنِ المحلول.**

سُؤال كيف تؤثّرُ هذه العوامل في سرعة تكوُّن المحلول؟

الموادّ

كبريتات النّحاس (II) المائية
ماء مقطر
أنابيب اختبار (6)
مخبار مُدرّج سعتُه 25mL
ساق تحريك ز جاجية
ماسك أنابيب
حامل أنابيب اختبار
هاون ومِدقّة
ملعقة صغيرة
ساعة

إجراءات السّلامة

الإجراء

1. حدّد احتياطات السّلامة لنشاط المختبر قبل بدء العمل.
2. أعِدّ جدولًا لتسجيل بياناتك.
3. اكتب فرضيّةً تضمُّ ما تعرفُه عن سُرعة التّفاعل لتفسير ما يُمكن مُلاحظتُه أثناء الخطوات الإجرائية.
4. ضع الأنابيب 6 على حامل الأنابيب.
5. ضع بلّورةً من كبريتات النّحاس (II) المائية في كُلٍّ من الأنبوب الأوّل والأنبوب الثاني.
6. بالنّسبة للأنابيب المتبقّية، استعمل الهاون والمدقّ لطحن البلّورات. ثمّ اكشُط المسحوق النّاتج بملعقة صغيرة وضعهُ في أنابيب الاختبار المتبقية.
7. قِس 15 mL من الماء المُقطّر الذي يكونُ بِدرجةِ حرارةِ الغُرفة. ثمّ اسكُبه في أنبوب الاختبار الأوّل وسجّل الزّمن.
8. لاحظ المحلول في أنبوب الاختبار بعد إضافة الماء مُباشرة وبعد 15 min.
9. أترك الأنبوب الأوّل ثابتًا على حامل الأنابيب.
10. كرّر الخطوتين 7 و 8 مع الأنبوبين الثالث والرابع.
11. استعمل السّاق الزّجاجية لتحريك أنبوب الاختبار الثاني لِمُدّة 1 أو 2 min.
12. أترك الأنبوب الثالث دون تحريك.
13. حرّك المحلول في الأنبوب الرابع باستعمال ساق التحريك الزجاجية لِمُدّة 1 أو 2 min.
14. كرّر الخطوتين 7 و 8 مع الأنبوب الخامس باستعمال ماءٍ أكثر بَرودةٍ. أترك الأنبوب الخامس بلا تحريك.
15. كرّر الخطوتين 7 و 8 مع الأنبوب السّادس باستعمال ماءٍ ساخنٍ. أترك الأنبوب السّادس بلا تحريك.
16. **التّخليف والتّخلُّص من النّفايات** تخلّص من بقايا المواد الصّلبة والمحاليل مُتّبعًا إرشادات مُعلّمك. نظّف كُلّ أدوات المختبر وأعدها إلى أماكنها المُحدّدة.

التحليل والاستنتاج

1. **قارن وقابل** ما التّأثير الذي لاحظتهُ عند تحريك الأنبوب الثّاني والرّابع مُقارنةً بالمحاليل في الأنبوب الأوّل والثالث؟
2. **الملاحظة والاستدلال** ما العامل الذي أدّى إلى تكوُّن المحلول بسرعةٍ في الأنبوب الرابع مُقارنةً بالأنبوب الثاني؟
3. **إدراك النّتيجة والسّبب** لماذا حسب اعتقادك اختلفت النّتائج بين الأنبوب الثالث والخامس والسّادس؟
4. **ناقش** ما إذا كانت بياناتك قد دعمت فرضيّتك.
5. **تحليل الخطأ** حدّد مصدر الخطأ الرئيس المُحتمل في هذه التّجربة العمليّة، واقترح طريقة سهلةً لتصحيحه.

توسيع نطاق الاستفسارات

التّفكير النّاقد كانت المُلاحظاتُ النّاتجة عن هذه التّجربة تُرى بالعين المُجرّدة. فاقترح تفسيرًا دون مِجهري يُشرح هذه العوامل التي أثّرت في سُرعة تكوُّن المحلول. مالذي يحدُث على مُستوى الجُسيمات لتسريع تكوُّن المحلول في كل حالةٍ؟

McGraw-Hill Education محفوظة لمطابع مؤسسة McGraw-Hill Education © حقوق الطبع والتأليف

الوحدة 10 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة

الفكرة الرئيسة تقريبًا كُلّ الغازات والسّوائل والمواد الصّلبة التي تُشكّلُ عالمنا هي مخاليط.

القسم 1 أنواع المخاليط

الفكرة الرئيسة تكون المخاليط إمّا مُتجانسة أو غير مُتجانسة.

- تحتفظ كُلّ مادّةٍ في المخاليط غير المُتجانسة بخصائصها.
- هنالك نوعان من المخاليط غير المُتجانسة، وهُما المعلق والغروي.
- الحركة البراونيّة هي الحركة العشوائيّة للجُسيمات المُتصادمة.
- تُظهِرُ الغرويات ظاهرة تندال.
- يكّون المحلول إمّا غازًا أو سائلًا أو صلبًا بناءً على المُذيب.
- تكّون المواد الذائبة في المحلول غازيّة أو سائلة أو صلبةً.

المفردات

- معلق
- غروي
- الحركة البراونيّة
- ظاهرة تندال
- ذائب
- قابل للامتزاج
- غير قابل للذوبان
- غير قابل للامتزاج

القسم 2 تركيز المحلول

الفكرة الرئيسة يمكنُ التّعبيرُ عن التّركيز من خلال النّسبة المئويّة أو المُولات.

- يُمكنُ حسابُ التّركيز إمّا نوعيًا أو كمّيًا.
- المولارية هي عددُ مولات المُذاب للمحلول باللّتر.

$$\text{المولارية } (M) = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول باللتر}}$$

- المولالية هي نسبة عدد مولات المُذاب إلى 1 kg من المذيب.

$$\text{المولالية } (m) = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب (kg)}}$$

- لا يتغيّرُ عدد مولات المُذاب خلال عمليّة التّخفيف.

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

المُفردات

- التّركيز
- المولارية
- المولالية
- الكسر المولي

القسم 3 العوامل المُؤثّرة في الذّوبان

الفكرة الرئيسة تؤثّرُ عواملُ مثل درجة الحرارة والضّغط والقطبيّة في تكوّن المحاليل.

- تتضمّنُ عمليّة الذّوبان إحاطةَ جُسيمات المُذاب بجُسيمات المُذيب.
- تكّون المحاليل غير مُشبعة أو مُشبعة أو فوق مُشبعة.
- ينصّ قانون هنري أنّهُ في درجة حرارة مُعيّنة، تتناسبُ ذائبية (S) للغاز في السّائل طرديًا مع الضّغط (P) الذي فوق السّائل.

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

المُفردات

- الإذابة
- حرارة المحلول
- محلول غير مشبع
- محلول مشبع
- محلول فوق مُشبع
- قانون هنري

القسم 4 الخصائص التّجميعيّة للمحاليل

الفكرة الرئيسة ترتكزُ الخصائص التّجميعية على عدد جُسيمات المُذاب في المحلول.

- تُخفّضُ المواد الذائبة غير المُتطايرة الضغط البخاري للمحلول.
- يرتبطُ الارتفاع في درجة الغليان مُباشرةً بمولالية المحلول.

$$\Delta T_b = K_b m$$

- تكون درجة التّجمد للمحلول أقلّ من درجة التجمد للمذيب النقي.

$$\Delta T_f = K_f m$$

- يعتمدُ الضغط الأسموزي على عدد جُسيمات المُذاب في حجم مُعيّن.

المفردات

- الخاصية التّجميعية
- الانخفاض في الضّغط البخاري
- الارتفاع في درجة الغليان
- الانخفاض درجة التجمد
- الخاصية الأسموزية
- الضغط الأسموزي

حقوق الطبع والكتب © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

إتقانُ المفاهيم

54. اشرح المقصود بعبارة "ليست كُلّ المخاليط محاليل".
55. ما الفرق بين المذاب والمذيب؟
56. ما المعلق؟ وفيم يختلف عن الخليط الغروي؟
57. كيف تُستخدَمُ ظاهرة تندال للتمييز بين الخليط الغروي والمحلول؟ لماذا؟
58. سمِّ خليطًا غرويًا مُكوّنًا من غاز مُشتّتٍ في سائل.

■ **الشكل 24**

59. **تتبيلةُ السّلطة** ما نوع الخليط غير المتجانس الموضّح في **الشكل 24**؟ ما هي أهمّ الخصائص التي نصفُ بها الخليط؟
60. ما الذي يُسبّب الحركة البراونية في الغرويّات الشاطة؟
61. تُصنّفُ البخّاخاتُ من الغرويّات. حدّد حالات البخّاخ.

القسم 2

إتقانُ المفاهيم

62. ما الفرق بين النّسبة المئوية بالكتلة والنّسبة المئوية بالحجم؟
63. ما الفرق بين المولارية والمولالية؟
64. ما العوامل التي يجب أخذُها بعين الاعتبار عند إعداد محلولٍ مُحقّقٍ من محلولٍ قياسي؟
65. كيف يختلف محلولان سائلان من NaCl تركيز أحدهما $0.5M$ والآخر $2.0M$؟
66. تحت أيّ ظروفٍ يُمكن للكيميائي وصف المحلول بدلالة المولالية؟ لماذا؟

إتقان حل المسائل

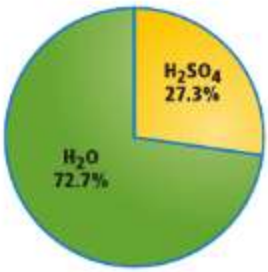
67. حسب اجراءات تجربةٍ عمليّة، قمت بخلط 25.0 g من $MgCl_2$ في 550 mL من الماء. ما النّسبة المئوية بالكتلة لـ$MgCl_2$ في المحلول؟
68. ما كميّة LiCl بالجرامات الموجودة في 275 g من محلوله المائي الذي تركيزه 15%؟
69. عليكَ تحضير كميةٍ كبيرةٍ من محلول HCl بتركيز 5% ، ولكن لديك فقط 25 mL من HCl . ما هو حجم المحلول الذي تركيزه 5 % الذي يمكنك تحضيره من هذا الحجم من HCl؟
70. احسب النّسبة المئوية بالحجم لمحلولٍ يُحضّرُ عن طريق إضافةِ 75 mL من حمض الإيثانويك إلى 725 mL من الماء.
71. احسب مولارية محلول يحتوي على 15.7 g من $CaCO_3$ ذائب في كميّة كافية من الماء لتحضير 275 mL من المحلول.
72. ما حجم محلول تركيزه $3.00M$ تم تحضيره بإذابة 122 g من LiF؟
73. ما عدد مولات BaS اللّازمة لتحضير محلولٍ حجمُه 1.5×10^3 mL وتركيزه $10.0M$؟
74. ما كتلة $CaCl_2$ اللازمة بالجرامات لتحضير محلول حجمه 2.0 L وتركيزه $3.5M$؟
75. غالبًا ما يطلب تحضير محاليل قياسية بمولاريّات مُختلفة من HCl. أكمل **الجدول 17** بحساب حجم المحلول المُركّز أو المحلول الذي تركيزه $12M$، من حمض الهيدروكلوريك اللّازم لتحضير 1.0 L من محلول HCl باستعمال قيم المولارية المذكورة.

الجدول 7 محاليل HCl

مولارية HCl المطلوبة	حجم محلول HCl القياسي المطلوب (mL)
0.50	
1.0	
1.5	
2.0	
5.0	

76. كم تحتاج من حمض النيتريك (HNO_3) الذي تركيزه $5.0M$ بالملّلتر لتحضير 225 mL من HNO_3 $1.0M$؟
77. **تجربة مخبريّة** قُم بتخفيف 55 mL من محلولٍ تركيزه $4.0M$ لتحضير محلول حجمُه 250 mL. احسب مولارية المحلول الجديد.
78. ما حجم حمض الفوسفوريك (H_3PO_4) تركيزه $3.0M$ يُمكنُ تحضيرهُ من 95 mL من محلول $5.0M$ تركيزه H_3PO_4؟
79. إذا خففت 20.0 mL من محلول تركيزه $3.5M$ لتحضير محلول حجمه 100.0 mL ، فما مولارية المحلول بعد التخفيف؟
80. ما مولارية محلول يحتوي على 75.3 g من KCl مذابة في 95.0 g من الماء؟
81. ما كُتلة Na_2CO_3 بالجرامات التي يجب إذابتها في 155 g من الماء لعمل محلولٍ تركيزه 8.20 mol/kg؟
82. ما مولالية محلول يحتوي على 30.0 g من النفثالين ($C_{10}H_8$) الذائب في 500.0 g من التولوين؟
83. ما المولالية والكسر المولي لمذاب يحتوي على 35.5% بالكتلة من المحلول السائل حمض الميثانويك (HCOOH)؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ الشكل 25

84. ما الكسر المولي لمحلول H_2SO_4 في محلول يحتوي على نسبة حمض الكبريتيك والماء المبيّنة في **الشكل 25؟**

85. احسب الكسر المولي لمحلول $MgCl_2$ الناتج عن إذابة 132.1 g من $MgCl_2$ في 175 mL من الماء.

القسم 3

إتقانُ المفاهيم

86. صِف عمليّة الإذابة.

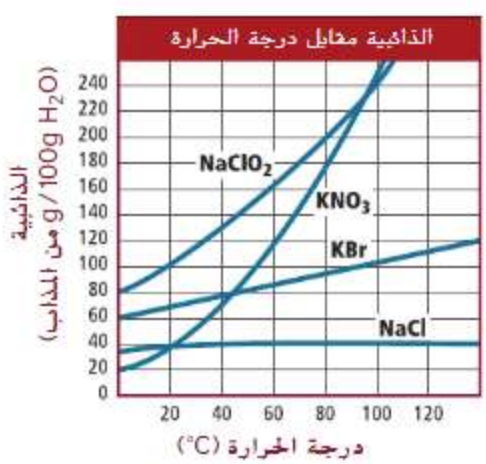
87. ما الطُّرق الثلاثة لزيادة سُرعة الإذابة؟

88. وضّح الفرق بين المحاليل المُشبعة والمحاليل غير المُشبعة.

إتقان حل المسائل

89. تساوي ذائبية غاز 0.54 g/L عند ضغط مقداره 1.5 atm. احسب ذائبية الغاز عند مُضاعفة الضّغط.

90. تساوي ذائبية غاز 9.5 g/L عند ضغط مقداره 4.5 atm. ما كمية الغاز بالجرامات التي تذوب في 1 L إذا تم تخفيض الضّغط إلى 3.5 atm؟



■ الشكل 26

91. استعن **بالشّكل 26** لمقارنة ذوبانية بروميد البوتاسيوم (KBr) ونيترات البوتاسيوم (KNO_3) عند درجة حرارة 80°C.

92. تساوي ذائبية الغاز 1.80 g/L عند ضغط مقداره 37.0 kPa. ما قيمةُ الضّغط التي تُصبح عندها الذائبية 9.00 g/L؟

93. استعن بقانون هنري لإكمال **الجدول 8**.

الجدول 8 الذّائبيّة والضّغط

الذائبية (g/L)	الضّغط (kPa)
2.9	?
3.7	32
?	39

94. **المشروبات الغازية** الضغط الجزئي لغاز CO_2 داخل زجاجة مشروب غازي يساوي 4.0 atm عند درجة حرارة 25°C. إذا كانت ذوبانية CO_2 تساوي 0.12 mol/L. وعند فتح الزّجاجة ينخفض الضغط الجزئي إلى 3.0×10^{-4} atm. فما ذائبية CO_2في الزّجاجة المفتوحة؟ عبّر عن إجابتك بوحدة الجرام لكلّ لتر .

القسم 4

إتقانُ المفاهيم

95. عرّف الخاصية التّجميعية.

96. استخدم المُصطلحين مُركّز ومُخفف لمُقارنة المحلول على طرفي الغشاء شبه المنفذ.

97. حدّد كل مُتغيّر في المُعادلة التّالية:

$$\Delta T_b = K_b m$$

98. عرّف المُصطلح الضّغط الأسموزي ووضّح لماذا يُعدُّ خاصيةً تجميعيةً.

إتقان حل المسائل

99. احسب درجة التّجمد لمحلول يحتوي على 12.1 g من النفثالين ($C_{10}H_8$) الذائب في 0.175 kg من البنزين (C_6H_6). إستعن بِ **الجدول 6** لأخذ البيانات المطلوبة.

100. في المختبر قمت بإذابة 179 g من $MgCl_2$ في 1.00 L من الماء. إستعن بِ **الجدول 6** لإيجاد درجة تجمد المحلول.

101. **في المطبخ** يقوم طبّاخٌ بتحضير محلول للغليان بإضافة 12.5 g من NaCl إلى وعاء يحتوي 0.750 L من الماء. عند أي درجة حرارة يغلي المحلول في الوعاء؟ إرجع إلى **الجدول 5** لأخذ البيانات المطلوبة.

102. تتغيّر درجة غليان الإيثانول (C_2H_5OH) من 78.5°C إلى 85.2°C عندما تُضافُ كميّةٌ من النفثالين ($C_{10}H_8$) إلى 1.00 kg من الإيثانول. ماهي كمية النفثالين المطلوبة بالجرامات لإحداث هذا التّغيير؟ ارجع إلى **الجدول 5** لأخذ البيانات المطلوبة.

103. **المُثلّجات** يُستعمل خليط الملح الصّخري (NaCl) والثّلج والماء لتبريد الحليب والكريما لصُنع مُثلّجات منزلية. ما كمية الملح الصّخري بالجرامات التي يجبُ إضافتها إلى الماء لتخفيض درجة التّجمّد بِ 10.0°C؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مراجعة عامّة

104. استعمل معرفتك حول القطبية والذائبية لتوقّع ما إذا كان الذّوبان ممكنًا في كلّ حالةٍ من الحالات الموضّحة في **الجدول9**. اشرح إجاباتك.

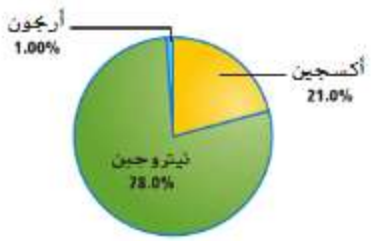
الجدول 9 هل عمليّة الذّوبان مُمكنة؟

المذاب	المذيب
صلب $MgCl_2$	سائل H_2O
سائل NH_3	سائل C_6H_6
غازي H_2	سائل H_2O
سائل I_2	سائل Br_2

105. **الطلاء المنزلي** بعض أنواع الطّلاء المنزلي هي من الفروبّات مكوّنة من جسيمات صبغ مشتتة في الزّيت. بناءً على ما تعرفهُ عن الفروبّات، اقترح مكانًا مناسبًا لتخزين علب ما تبقّى من الطّلاء. فسّر اقتراحك.

106. أي مذابٍ له التأثير الأكبر في درجة غليان 1.00 kg من الماء: 50.0 g من كلوريد الإسترانشيوم ($SrCl_2$) أو 150.0 g من الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$)؟ فسّر إجابتك.

107. حلّل البيانات حول الذائبية ودرجة الحرارة في **الجدول 4** لتحديد الاتجاه العام الذي تتبعه الغازات في الجدول. قارنه مع الاتجاه الذي تتّبعهُ أغلبيّة المواد الصّلبة في المثيل البياني. حدّد المواد الصّلبة المذكورة التي لا تتّبع الاتجاه العامّ.



■ **الشكل 27**

108. يبيّن **الشّكل 27** النّسبة المئوية لمكوّنات عيّنة من الهواء. احسب الكسر المولي لكلّ غازٍ موجود في العيّنة.

109. إذا قُمت بتحضير محلول سائل مشبعٍ من كلوريد البوتاسيوم في درجة حرارة 25°C ، ثمّ قُمت بتسخينه إلى 50°C ، فهل يصبح المحلول غير مشبع أو مشبعًا أو فوق مشبع؟ فسّر إجابتك.

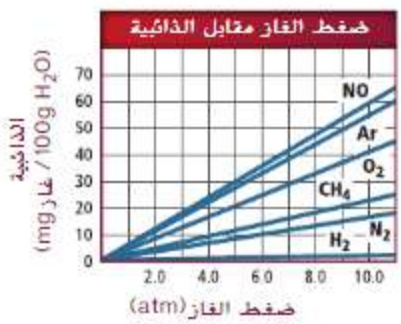
110. ما كتلة نيترات الكالسيوم ($Ca(NO_3)_2$) التي تلزم لتحضير 3.00 L من محلول تركيزه 0.500M؟

111. ما مولاليّة المحلول في المسألة السّابقة؟ كثافة محلول $Ca(NO_3)_2$ 1.08 kg/L.

التفكير الناقد

112. **صمّم** خطّةً لتحضير 1000 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك في الماء، تركيزه 5% بالحجم. يجب أن تُقدّم خطّتك وصفًا لكيفيّة المذاب والمذيب اللّازمتين، إضافةً إلى الخطوات المستخدمة في تحضير المحلول.

113. **قارن واستدلّ** ادرس المخطّط في **الشّكل 21**. وقارن بين الخطوط المتقطّعة لـ ΔT_b و ΔT_f. وصفْ أوجه الاختلاف التي لاحظتها. كيف يمكن لهذه الخطوط أن توضع في أماكن مختلفة للمحاليل الإلكتروليتية واللاإلكتروليتية؟ لماذا؟



■ **الشكل 28**

114. **استنتج** يبيّن **الشّكل 28** ذائبية الأرجون في الماء عند ضغوط مختلفة. استنتج البيانات وصولًا إلى (15atm). استعمل قانون هنري للتحقق من الذائبية التي حدّدتها استنتاجاتك.

115. **استدلّ** يحدث الجفاف عندما يفقدُ الجسم سوائل أكثر ممّا يتلقّى. يُنصحُ الغوّاصون بترطيب أجسادهم قبل الغوص. استخدم معرفتك حول العلاقة بين الضّغط وذائبية الغاز لشرح أهميّة ترطيب الجسم قبل الغوص.

116. **الرّسم البياني** يوضّح **الجدول 10** بياناتٍ حول الذائبية تمّ تجميعها خلال تجربةٍ. ارسم رسمًا بيانيًا لمولارية KI مقابل درجة الحرارة. ما ذائبية KI في درجة حرارة 55°C؟

الجدول10 ذائبية KI

درجة الحرارة (°C)	جرامات KI لكلّ 100.0 g محلول
20	144
40	162
60	176
80	192
100	206

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

117. **تصميم تجربة** لديك عيّنة من مذاب صلب وثلاثة محاليل سائلة تحتوي على ذلك المذاب. كيف لك أن تحدّد أيّ المحاليل مُشبعة وأيّها غير مُشبعة وأيّها الفوق مُشبعة؟

118. **قارن** أيّ المحاليل التالية له أعلى درجة تركيز؟ رتّب المحاليل من الأكثر ارتفاعًا في درجة الغليان إلى الأقلّ ارتفاعًا في درجة الغليان. فسّر إجابتك.

a. 0.10 mol NaBr في 100.0 mL من المحلول

b. 2.1 mol KOH في 1.00 L من المحلول

c. 1.2 mol $KMnO_4$ في 3.00 L من المحلول

مسائل تحدّي

119. فسّر بيانات الذائبية في **الجدول 11** تستخدما قانون هنري.

الجدول 11 قياس ذائبية الغاز

القياس	الذائبية
1	0.225
2	0.45
3	0.9
4	1.8
5	3.6

120. لديك محلول يحتوي على 135.2 g من KBr مذابة في 2.3 L من الماء. كم يلزمك من حجم هذا المحلول بال mL لتحضير محلول KBr حجمه 1.5 L وتركيزه 0.10*M*؟ ماهي درجة الغليان لهذا المحلول الجديد؟

مراجعة تراكُميّة

121. يبلغ نصف قطر ذرّة الأرجون 94 pm. إذا افترضنا أنّ الذرّة كُروية الشّكل، ما هو حجم ذرّة الأرجون بالنانومتر تكعّب؟ $V = 4/3\pi r^3$

122. حدّد أيّ جُزيء من الجُسيمات قطبي.

a. SiH_4 c. SiO_2

b. NO_2 d. HBr

123. سمِّ المُركّبات التالية.

a. NaBr

b. $Pb(CH_3COO)_2$

c. $(NH_4)_2CO_3$

124. عيّنة من عنصر تساوي 12.0g وتحتوي على 5.94×10^{22} ذرّة. ماهو العنصر المجهول؟

125. يمكن انتاج البزموت النقي من خلال تفاعل أكسيد البزموت مع الكربون في درجات حرارة عالية.

$$2Bi_2O_3 + 3C \rightarrow 4Bi + 3CO_2$$

كم عدد مولات Bi_2O_3 التي تفاعلت لِتُنتج 12.6 mol من CO_2؟

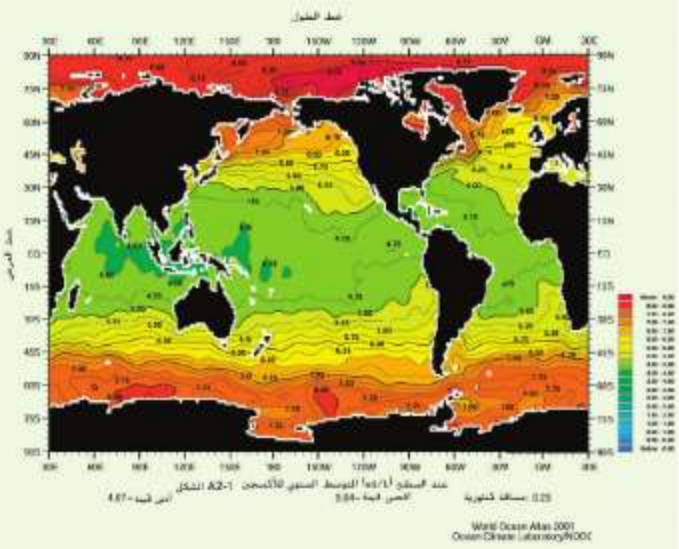
الكتابة في ◀ الكيمياء

126. **الحليب المُتجانس** تمّ بيعُ أوّل حليب مُتجانس في الولايات المُتّحدة حوالي عام 1919. أما اليوم، فكلّ الحليب المُباع مُتجانس في شكل مُستحلب غروي. قُم ببحثٍ حول عملية التّجانس . اكتب مقالةً مُختصرة تَصفُ فيها العملية. يجبُ على المقالة أن تتضمّن رسمًا بيانيًا أو مُخطّطا يوضّح العملية، بالإضافة إلى مُناقشةٍ حول المنافع والمضارّ المُتعلّقة بشُرب الحليب المُتجانس.

DBQ أسئلة المستندات

المُتوسط السنوي من الأكسجين المُذاب تُبيّن البيانات في **الشّكل 29** متوسّط قيم الأكسجين الذّائبة في مياه المحيطات السّطحية بالمِلّلتر لكُلّ لتر خلال شهر واحد عام *2001* . يمثّل المحور الأفقي خطوط الطّول، ويمثّل المحور العمودي خطوط العرض.

. World Ocean Atlas 2001 Figures.2



الشّكل 29

127. هل ترتبط قيم الأكسجين المذاب بشكل واضح مع خطّ الطّول أو خطّ العرض؟ لماذا في اعتقادك أنّ ذلك صحيحًا؟

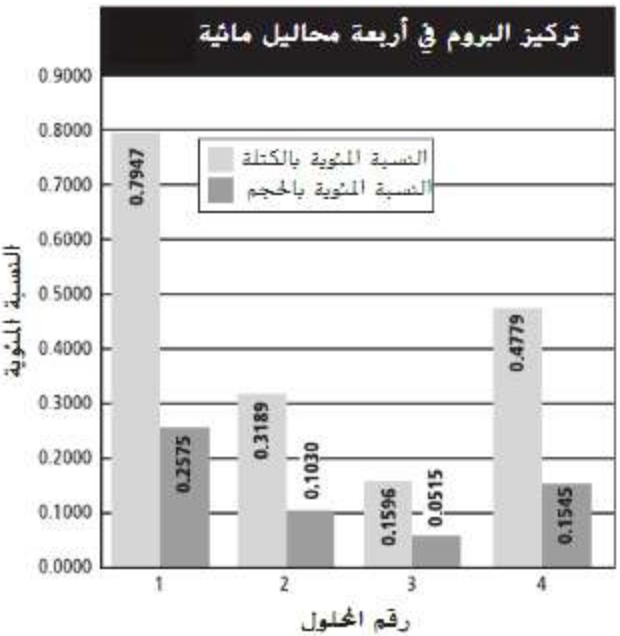
128. عند أي خطّ عرض يكون متوسط قِيَم الأكسجين المُذاب أقلّ؟

129. صِفْ الاتّجاه العام الذي تُوضّحه البيانات. اربط ذلك مع العلاقة بين ذائبية الغاز ودرجة الحرارة.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والنشر © مؤسسة لمعالم Courtesy NODC

اختيار من متعدد

استخدم التّمثيل البياني أدناه للإجابة على السؤالين 1 و 2.



1. ما حجم البروم (Br_2) في 7.000 L من المحلول 1؟
   - A. 55.63 mL
   - B. 8.808 mL
   - C. 18.03 mL
   - D. 27.18 mL

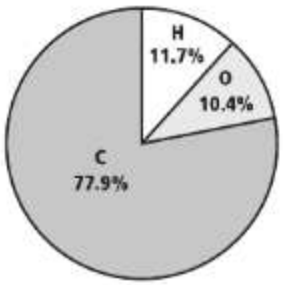
2. ما كمية Br_2 بالجرام الموجودة في 55.00 g من المحلول 4؟
   - A. 3.560 g
   - B. 0.08498 g
   - C. 1.151 g
   - D. 0.2628 g

3. أيّ ممّا يأتي يُعدّ خاصية فيزيائية مُكثّفة؟
   - A. الحجم
   - B. الطّول
   - C. الصّلابة
   - D. الكتلة

4. ما ناتج تفاعل التكوين التالي؟
   $Cl_2(g) + 2NO(g) \rightarrow ?$
   - A. NCl_2
   - B. 2NOCl
   - C. N_2O_2
   - D. 2ClO

5. إذا أذيب 1 mol من كلّ من المواد التالية في 1 L من الماء، فأيّها سيكون له الأثر الأكبر في الضّغط البخاري لمحلوله؟
   - A. KBr
   - B. $C_6H_{12}O_6$
   - C. $MgCl_2$
   - D. $CaSO_4$

استخدم المُخطّط أدناه للإجابة عن السؤال 6.



6. ما الصيغة الأوليّة لهذه المادّة؟
   - A. CH_2O
   - B. C_8HO
   - C. $C_{10}H_{18}O$
   - D. $C_7H_{12}O$

7. ما الصيغة الكيميائية الصّحيحة للمُركّب الأيوني المُتكوّن من أيون الكالسيوم (Ca^{2+}) وأيون الأسيتات ($C_2H_3O_2^-$)؟
   - A. $CaC_2H_3O_2$
   - B. $CaC_4H_6O_3$
   - C. $(Ca)_2C_2H_3O_2$
   - D. $Ca(C_2H_3O_2)_2$

استخدم التّفاعل التالي للإجابة على السؤالين 8 و 9.

$Fe_3O_4(s) + 4H_2(g) \rightarrow 3\ Fe(s) + 4\ H_2O(l)$

8. إذا استخدمنا 16 mol من H_2 كم عدد مولات Fe التي سيتمّ إنتاجها؟
   - A. 6
   - B. 3
   - C. 12
   - D. 9

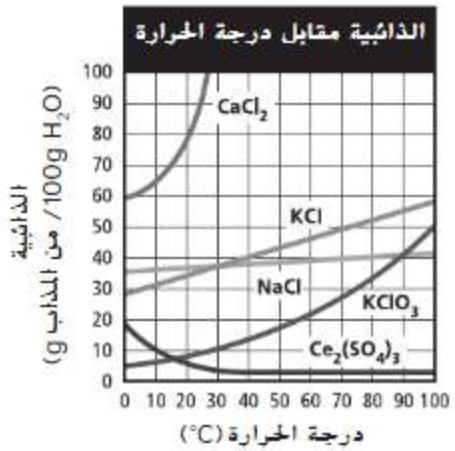
9. إذا ما مزجنا 7 mol من Fe_3O_4 مع 30 mol من H_2 أيّ الخيارات التالية تكون صحيحة؟
   - A. لن يبقى هنالك أيّ تفاعلات.
   - B. سيتبقّى 2 mol من غاز الهيدروجين.
   - C. سيتمّ إنتاج 30 mol من الماء.
   - D. سيتمّ إنتاج 7 mol من Fe .

10. ما الكتلة المولية لِ Fe_3O_4؟
    - A. 231.54 g/mol
    - B. 71.85 g/mol
    - C. 287.40 g/mol
    - D. 215.56 g/mol

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابات قصيرة

استعن بالتمثيل البياني الآتي للإجابة على الأسئلة من *11* إلى *13*.



11. كم عدد مولات $KClO_3$ التي يمكن أن تُذاب في 100 g من الماء في درجة حرارة تساوي 60°C؟

12. أيّ المحلولين بإمكانه استيعاب أكثر مادةٍ مَذابةٍ في درجة حرارة تساوي 20°C: محلول NaCl أو KCl؟ كيف يمكن مقارنة ذلك بذائبية كل منهما عند درجة حرارة تساوي 80°C؟

13. كم عدد مولات $KClO_3$ التي تلزم لتحضير محلول مُشبع حجمه 1 L من $KClO_3$ في درجة حرارة تساوي 75°C؟

أسئلة ذات إجابات طويلة

استعن بالمعلومات الموجودة أدناه للإجابة على السؤالين *14* و *15*.

الترتيب الإلكتروني للسيليكون هو $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$.

14. اشرح كيف يوضّح هذا الترتيب مبدأ أوفباو؟

15. أرسم التخطّط الفلكي للسيليكون. اشرح كيف تُستخدمُ قاعدة هوند ومبدأ باولي للاستبعاد في بناء التخطّط الفلكي.

اختبار القبول الموحد SAT – المادة: الكيمياء

16. ماحجم محلول 0.125*M* من كلوريد النيكل $NiCl_2$ الذي يحتوي على 25 g من $NiCl_2$؟

A. 406 mL
B. 32.5 mL
C. 38.5 mL
D. 26.0 mL
E. 201 mL

17. أيّ مما يأتي لا يُعدّ خاصيّة تجميعيّة؟

A. الارتفاع في درجة الغليان
B. انخفاض درجة التجمد
C. الانخفاض في الضّغط البخاري
D. الضغط الأسموزي
E. الذّائبيّة

استخدم بيانات الجدول أدناه للإجابة على السؤالين *18* و *19*.

السالبية الكهربائية للعناصر المُحدّدة						
H						
2.20.						
Li	Be	B	C	N	O	F
0.98.	1.57	2.04	2.55	3.04	3.44	3.98
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
0.93.	1.31	1.61	1.90	2.19	2.58	3.16

18. ما فرق السالبية الكهربائية في Li_2O؟

A. 1.48
B. 2.46
C. 3.40
D. 4.42
E. 5.19

19. أيّ الروابط التالية لديها قطبية أكبر؟

A. C-H
B. Si-O
C. Mg-Cl
D. Al-N
E. H-Cl

McGraw-Hill Education © حقوق الطبع والتأليف محفوظة لصالح مؤسسة

مصادر الطالب

كتيب العناصر EH-1

الهيدروجين EH-4
المجموعة الأولى: الفلزات القلوية EH-6
المجموعة الثانية: الفلزات القلوية الأرضية EH-10
المجموعات 12-3: العناصر الانتقالية EH-16
المجموعة 13: مجموعة البورون EH-22
المجموعة 14: مجموعة الكربون EH-26
المجموعة 15: مجموعة النيتروجين EH-32
المجموعة 16: مجموعة الأكسجين EH-36
المجموعة 17: مجموعة الهالوجينات EH-40
المجموعة 18: الغازات النبيلة EH-44

كتيب الرياضيات MH-1

الترميز العلمي MH-1
عمليات باستخدام الترميز العلمي MH-3
الجذور التربيعية والتكعيبية MH-4
أرقام معنوية MH-5
حل المعادلات الجبرية MH-9
تحليل الأبعاد MH-11
تحويل الوحدة MH-12
رسم رسوم بيانية خطية MH-14
استخدام الرسوم البيانية الخطية MH-16
النسب والكسور والنسب المئوية MH-19
عمليات تتعلق بالكسور MH-20
اللوغاريتمات ومقابل اللوغاريتمات MH-21

جداول مرجعية RT-1

R-1 مفاتيح الألوان RT-1
R-2 الرموز والاختصارات RT-1
R-3 ثابت حاصل الإذابة RT-2
R-4 الثوابت الفيزيائية RT-2
R-5 أسماء وشحنات الأيونات متعددة الذرات RT-3
R-6 ثوابت التأين RT-3
R-7 خصائص العناصر RT-4
R-8 قواعد الذائبية RT-7
R-9 قيم الحرارة النوعية RT-8
R-10 ثوابت الانخفاض في درجة التجمد المولالي والارتفاع في درجة الغليان RT-8
R-11 قيم حرارة التكوين RT-8
R-12 رموز السلامة RT-9

مسائل إضافية للتدريب SPP-8

إجابات مختارة SS-9

موارد العلوم SR-1

Chapter Sourced From: EM End Matter, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة